



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp
Institutt for Naturforvaltning

Råte i høyereliggende granskog på Østlandet

Root and Butt Rots in Norway Spruce Stands at
High Elevation in Eastern Norway

Lars Halvor Bjørbæk
Skogfag

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på mitt femårige studium i skogfag ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU).

Jeg vil særlig takke min hovedveileder, professor Halvor Solheim, som har vært til stor hjelp under arbeidet med hele oppgaven. Jeg vil også takke forskningstekniker Max Emil Waalberg, overingeniør Anne Eskild Nilsen og senioringeniør Gro Wollebæk for opplæring og god hjelp med laboratoriearbeidet. En takk går også til min hjelpeveileder, seniorforsker Ari Hietala, for tilbakemeldinger på oppgaveskrivingen.

Jeg vil også takke Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) for å ha stilt laboratorium, utstyr og kontor til min frie disposisjon. Jeg vil takke Borregaards forskningsfond som har bidratt med økonomisk støtte i form av kjøregodtgjørelse i forbindelse med feltarbeidet.

Jeg vil også takke de som har vært behjelpelige med å skaffe forsøksområder; skogbruksledere Arnfinn Haave og Morten Hedegart i AT skog, skogbruksleder Dag Utklev i Viken Skog, skogsjef Sten Roger Thorstensen hos Løvenskiold-Fossum, seniorforsker Harald Kvaalen, seniorforsker Kjell Andreassen og skogeier Ellen Cathrine Burchardt.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, 12. mai 2016

Lars Halvor Bjørnbæk

Sammendrag

Råte kan være et stort problem i eldre granskoger, og i gjennomsnitt er hvert fjerde grantre i Norge infisert. I den lavereliggende skogen på Østlandet er *Heterobasidion parviporum* kjent som den verste skadegjøreren. I den høyereliggende granskogen er det derimot mer usikkert hvilke råtesopper som er mest vanlig. Hensikten med denne undersøkelsen var å undersøke råte i høyereliggende granskoger på Østlandet.

De undersøkte flatene var fra 550 til 840 meter over havet. På 1575 stubber fordelt på 24 flater ble råte registrert på stubber på hogstflater som var avvirket i løpet av de siste to årene. I Vestre Slidre var prøveflatene (1-5) på et gammelt forsøksfelt. Der var det fire flater med forskjellige tynningsintensiteter og en urørt flate, alle av ulik størrelse. Ellers ble det lagt ut prøveflater på 900 m² (flate 6-24).

På flate 1-5 var i gjennomsnitt 78,1 % av 452 stubber råteinfisert. Den vanligste råtesoppen var *H. parviporum* som ble funnet på 26,5 % av stubbene. På flate 1-5 ble det funnet 23 forskjellige råtesopper, og de vanligste i tillegg til *H. parviporum* var *Armillaria* spp., *Porodaedalea* sp., *Sistotrema brinkmannii* og *Stereum sanguinolentum*. *Heterobasidion parviporum* stod for 29,9 % av den totale råten på disse flatene. Studier av somatisk inkompatibilitet viste at hvert individ av *H. parviporum* på disse flatene hadde i snitt infisert 1,2 stubber. Tynningsinngrepene ser ikke ut til å ha hatt innvirkning på råteutviklingen da det var ingen eller små forskjeller på råteutviklingen med de forskjellige tynningsinngrepene.

På flatene 6-24 var 32,8 % av 1123 undersøkte stubber råteinfiserte. Vanligst på disse flatene var *Armillaria* spp. som ble registrert på 14,4 % av stubbene. Det ble funnet 31 forskjellige råtesopper på flate 6-24, og de vanligste i tillegg til *Armillaria* spp. var *S. sanguinolentum*, *S. brinkmannii*, *H. parviporum* og *Climacocystis borealis*. Kun 7,2 % av den totale råten på flatene 6-24 var forårsaket av *H. parviporum*. På disse flatene hadde hvert individ av *H. parviporum* i snitt infisert 1,7 stubber.

Denne studien viser at *H. parviporum* ikke er like dominerende i høyereliggende skoger på Østlandet som den er i lavlandet, mens andre arter kan være betydelig mer vanlig.

Abstract

Root and butt rot can be a major problem in old Norway spruce forests, and on average every fourth spruce tree in Norway is infected. In the lowland forest in the eastern part of Norway, *Heterobasidion parviporum* is known to cause the most damage. At high elevation, very few studies are available about decay fungi associated with Norway spruce. The purpose of this study was to investigate fungi that cause decay in Norway spruce forests at high elevations in the eastern part of Norway. The examined 24 sampling plots were located at 550 to 840 meters above sea level. Root and butt rot was recorded on a total of 1575 stumps on clear-cut fields that were harvested during the last two years. The sampling plots in Vestre Slidre (plots nr. 1-5) were of various size and located in an old experimental area: four of these plots had been subjected to different intensities of commercial thinning and the 5th one was a control plot. Otherwise, the sampling plot area was 900m² (plots nr. 6-24). On average 78.1% of the 452 stumps were affected by decay in the plots 1-5. *Heterobasidion parviporum* was the most common decay fungus and was found on 26.5% of the stumps. Altogether 23 different decay fungi were isolated in plots 1-5, and the most frequent fungi in addition to *H. parviporum* were *Armillaria* spp., *Porodaedalea* sp., *Sistotrema brinkmannii* and *Stereum sanguinolentum*. *Heterobasidion parviporum* accounted for 29.9% of the total decay on these plots. Studies of somatic incompatibility showed that an individual strain of *H. parviporum* had colonized on average 1.2 stumps. The different thinning intensities did not seem to have affected the decay frequency, as there was no or little difference in the decay frequency between plots with different thinning intensities. On the sampling plots 6-24, 32.8% of the 1123 examined stumps were infected by decay fungi. Most common on these plots were *Armillaria* spp., which were registered on 14.4% of the stumps. A total of 31 different decay fungi were recorded on the fields 6-24, and in addition to *Armillaria* spp., *S. sanguinolentum*, *S. brinkmannii*, *H. parviporum* and *Climacocystis borealis* were the most common fungi. *Heterobasidion parviporum* only accounted for 7.2% of the total decay on plots 6-24. On these plots, an individual strain of *H. parviporum* had infected 1.7 stumps, on average.

Based on the results, it seems as *H. parviporum* is not as dominant at higher elevation as it is in the lowlands, and that other decay fungi are more common in the high elevation spruce forests.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	I
Sammendrag	II
Abstract	III
1 Innledning	1
2 Material og metode	5
2.1 Feltarbeidet	5
2.2 Laboratoriearbeidet	8
2.2.1 Isolering av råtesoppene	8
2.2.2 Somatisk inkompatibilitetstesting	9
2.2.3 Mikroskopering	9
2.2.4 Cellofan	10
2.2.5 DNA ekstraksjon	10
2.2.6 PCR	11
2.2.7 Sekvensanalyse	13
2.2.8 Kart	13
2.2.9 Tabeller	13
3 Resultater	14
3.1 Sekvensering	14
3.2 Flate 1-5	14
3.3 Flate 6–24	19
3.4 Somatisk inkompatibilitetstester	23
3.4.1 Flate 1-5	23
3.4.2 Flate 6-24	28
4 Diskusjon	31
4.2 Materialets representativitet	31
4.2 Feilkilder og svakheter ved undersøkelsen	31
4.3 Prøveflatene	33
4.4 Råtesopper	34
4.4.1 <i>Heterobasidion parviporum</i>	34
4.4.2 <i>Armillaria</i> spp.	36
4.4.3 <i>Stereum sanguinolentum</i>	36
4.4.4 <i>Porodaedalea</i> sp.	37
4.4.5 <i>Climacocystis borealis</i>	38
4.4.6 <i>Sistotrema brinkmannii</i>	38
4.4.7 Andre råtesopper	38
5 Konklusjon	45
6 Referanser	46

1 Innledning

I Norge kan råte være et stort problem på gran [*Picea abies* (L)Karst.], og problemet øker med alderen på trærne. I eldre granskoger kan derfor kvaliteten og verdien på tømmeret blir redusert på grunn av råten. Råten forårsaker årlig et tap på 80-100 millioner kroner for skogeierne i Norge (Solheim 2010). Gran er det økonomisk viktigste treslaget i Norge, og sto for 74,3 % av tømmeret som blir solgt til industriformål i 2015 (SSB 2016). Undersøkelsene til Landsskogtakseringen i perioden 1964–1976 viste at 7,9 % av granskogen i hogstklasse III-V var angrepet av råte (Huse 1983). Ved Landsskogtakseringen i perioden 1982-1986 ble det registrert en råtefrekvens i granskogen på 9,3 % sør for Saltfjellet (Solheim & Holen 1990). Disse målingene ble foretatt ved boring i brysthøyde og kan dermed ikke sammenlignes med den landsomfattende råteregistrering som ble utført vinteren 1992. Her ble råten registrert på stubber etter slutthogst, og 26,8 % av grantrærne var da infisert (Huse et al. 1994). Tidligere studier har vist at mindre enn 50 % av råten i stubben blir oppdaget ved boring i brysthøyde (Stenlid & Wästerlund 1986; Thor et al. 2005). Granhus og Hysten (2016) har tatt utgangspunkt i tall fra Landsskogtakseringen i perioden 2010-2014 som kommer fra boringer i brysthøyde, og deretter estimert hvor mye råte som befinner seg i hogstklasse 5. De fikk da omtrent samme resultat som Huse et al. (1994) ved at 26,4 % grana var infisert av råte.

Venn og Solheim (1994) registrerte råte ved slutthogst på et felt hvor det var utført tynningsforsøk på gran. Den samlede råtefrekvensen på dette feltet var 39,9%, noe som er høyere enn i råteregistreringen til Huse et al. (1994). Venn og Solheim (1994) fant at råtefrekvensen økte med antall tynninger. Mer råte ble også funnet på felter hvor planter ble satt nærme hverandre og på felter som ble tynnet tidlig i omløpet. I undersøkelsen til Huse et al. (1994) ble det registrert en liten forskjell i råte i tynnede og uttynnede bestand, med henholdsvis 27,5 % og 25,9 %. I studien til Swedjemark og Stenlid (1993) ble det ikke funnet noe råte ved tynningstidspunktet, men i undersøkelsen sju år senere ble det registrert råte i 63 % av de gjenstående trærne.

Huse et al. (1994) registrerte ingen forskjeller i råtefrekvens når det gjelder høydeler. Andre undersøkelser har vist at råtefrekvensen er høy ved kysten og avtar med økende høyde over havet før den stiger fra 450 meter over havet og opp mot tregrensa (Granhus & Hysten 2016; Huse 1983; Næsvold 1989). I undersøkelsen til Huse et al. (1994) ble også råtefrekvensen

delt opp på fylkesnivå og videre på kommunenivå. I Telemark hvor størsteparten av undersøkelsene vil foregå ble det registrert en råtefrekvens på 25,9 %.

Heterobasidion spp. er den dominerende råtesoppen i norske granskoger, og står for 65-80 % av råten (Huse et al. 1994; Solheim et al. 2012). I Norge har vi to arter; *H. parviporum* Niemelä & Korhonen (granrotkjuke) og *H. annosum* (Fr.) Bref. (fururotkjuke). Utbredelsen til *H. parviporum* følger granas naturlige utbredelse fra Vest Agder i sør til Saltfjellet i nord. På Vestlandet finnes ikke *H. parviporum*. Der finnes bare *H. annosum* som er sjelden i lavlandet på Sørlandet og Østlandet. *H. parviporum* holder seg primært på gran, mens *H. annosum* er mer aggressiv og finnes i større grad på flere treslag. Spredningen for de to artene er lik. *Heterobasidion* spp. sprer seg primært ved at soppsporer lander på ferske stubbesnittsfalder og i sår på treet. Den vil da først spre seg i yteveden, men etablerer seg raskt i kjerneveden hvor den sprer seg både oppover og nedover i stammen. Når temperaturen faller under 0 grader eller når det er mye snø vil den primære spredningen finne sted i svært liten grad. Sekundær spredning foregår ved at et infisert tre eller stubbe smitter et friskt tre via rotkontakt. Dette fører til at det samme individet kan spre seg i bestandet og lage såkalte råtehull (Solheim 2010). Etter hogst kan *Heterobasidion* spp. overleve i stubbe og røtter i mer enn 50 år, men etter 40 år er faren for sekundær spredning liten (Piri 1996). Dette gjør at det er stor sannsynlighet for at den nye generasjonen med granplanter vil bli smittet ved sekundær spredning hvis den tidligere generasjonen var infisert av *Heterobasidion* spp. En studie gjennomført av Piri og Valkonen (2013) fra Finland viste at det samme individ av *Heterobasidion* spp. i snitt befant seg på 4,4 stubber og trær. Det største individet hadde infisert 16 stubber og trær, og den største avstanden mellom to registreringer av det samme individet var på 13,2 meter. I en annen finsk studie hvor råten ble registrert på stubber etter slutthogst, var den gjennomsnittlige størrelsen 1,8 trær per individ av *Heterobasidion* spp., og 61 % av *Heterobasidion* spp. individene fantes bare på en stubbe. Det største individet av *Heterobasidion* spp. omfattet 16 trær, og den største avstanden mellom to trær av samme individ var ca. 35 m (Piri et al. 1990). I studien til Piri (1996) var gjennomsnittlig antall trær per *Heterobasidion* individ 2,5, og det største individet hadde infisert 28 trær og 3 stubber. Den nest vanligste råten i granskog er råten forårsaket av *Armillaria* spp. (honningsopper) (Huse et al. 1994). Det finnes fire *Armillaria*-arter i Norge, men bare to er vanlige i norske skoger; *A. borealis* Marxmüller and Korhonen (skoghonningsopp) og *A. cepistipes* Velenovsky

(hagehonningsopp) (Keča & Solheim 2011). *Armillaria* spp. angriper alle treslag, og først og fremst trær som er stresset. De er ikke så veldig aggressiv og holder seg stort sett i kjerneveden. I kjerneveden vil den ikke bre seg så raskt, men det mineraliserer all lignin og cellulose og lager det vi kaller hullråte. *Armillaria* spp. sprer seg som oftest ved at det vokser rhizomorfer fra en angrepet stubbe eller rot utover i skogbunnen og deretter infiserer døde eller sterkt svekkede røtter, eller ved sporer (Solheim 2010). Disse soppene går sjelden lenger opp enn 1-2 meter i stammen (Solheim 2006).

Stereum sanguinolentum (Alb. & Schwein.) Fr. (toppråtesopp) angriper sår på stammen og røtter hos grana, og går deretter inn i kjerneveden hvor den utvikler seg videre. Den holder seg vanligvis på innsiden av den årringen som ble dannet det året soppen angrep. Som det norske navnet sier så kan den også angripe ved sårskader i toppen av treet så råten når kanskje ofte ikke ned til stubbehøyde ved hogst. Denne råten kan derfor være underestimert med registreringer på stubbenivå (Solheim 2006; Solheim 2010). I en registrering etter hogst i Gausdal på rundt 850-900 moh var *Stereum*-råte like vanlig som *Heterobasidion*-råte (Solheim 2006).

I slekten *Porodaedalea* spp. (stokkjuker) er det svært vanskelig å skille artene fra hverandre (Tomšovský et al. 2010). Disse artene ble tidligere ført inn under den store slekten *Phellinus*. I Norge er to arter kjent, *P. chrysoloma* (Fr.) Fiasson & Niemelä (granstokkjuke) og *P. pini* (Brot.) Murrill (furustokkjuke) (Ryvarden & Gilbertson 1994). *Porodaedalea* i gran fra Ormtjernkampen og Saltfjellet er forskjellig fra typearten til *P. chrysoloma* og er trolig en ny art; *Porodaedalea* sp. (Tomšovský et al. 2010). Denne kan være den mest vanlige råtesoppen i høyereliggende granskog, men det er foretatt få undersøkelser på dette (Jørstad & Juul 1939; Solheim 2006). Råten til *Porodaedalea* sp. i gran kan være svært omfattende og være gjennomgående fra rota og nesten til toppen av grana. Mot yteveden danner den en grålig til fiolett reaksjonssone, og det dannes ofte en mørkebrun sone inn til reaksjonssona (Solheim 2010). *Porodaedalea* sp. i gran infiserer gjennom sår og brukne greiner og topper. Derfra sprer den seg til kjerneveden, og etter hvert utvider den seg til yteveden (Solheim 2006).

Climacocystis borealis (Fr.) Kotl. & Pouz (vasskjuke) er trolig mer vanlig i høyereliggende enn i lavereliggende granskog (Solheim 2016). Sporer infiserer gjennom skader på røtter og nedre del av stammen. Av og til kan *C. borealis* spre seg til yteveden selv om den stort sett holder

seg i kjerneveden. Det er sjeldent at råten går høyere enn 2-3 meter opp i stammen (Solheim 2006).

Bortsett fra Solheim (2006) er det svært få studier som omhandler råte i høyereliggende granskog, og kunnskapen om råtesoppers opptreden og spredning i høyereliggende granskoger er svært mangelfull. Omtrent 20% av den produktive skogen i Norge finnes fra 600 meter over havet og oppover (Granhus et al. 2012). Det er derfor av stor interesse å få bedre oversikt over råten i den høyereliggende skogen.

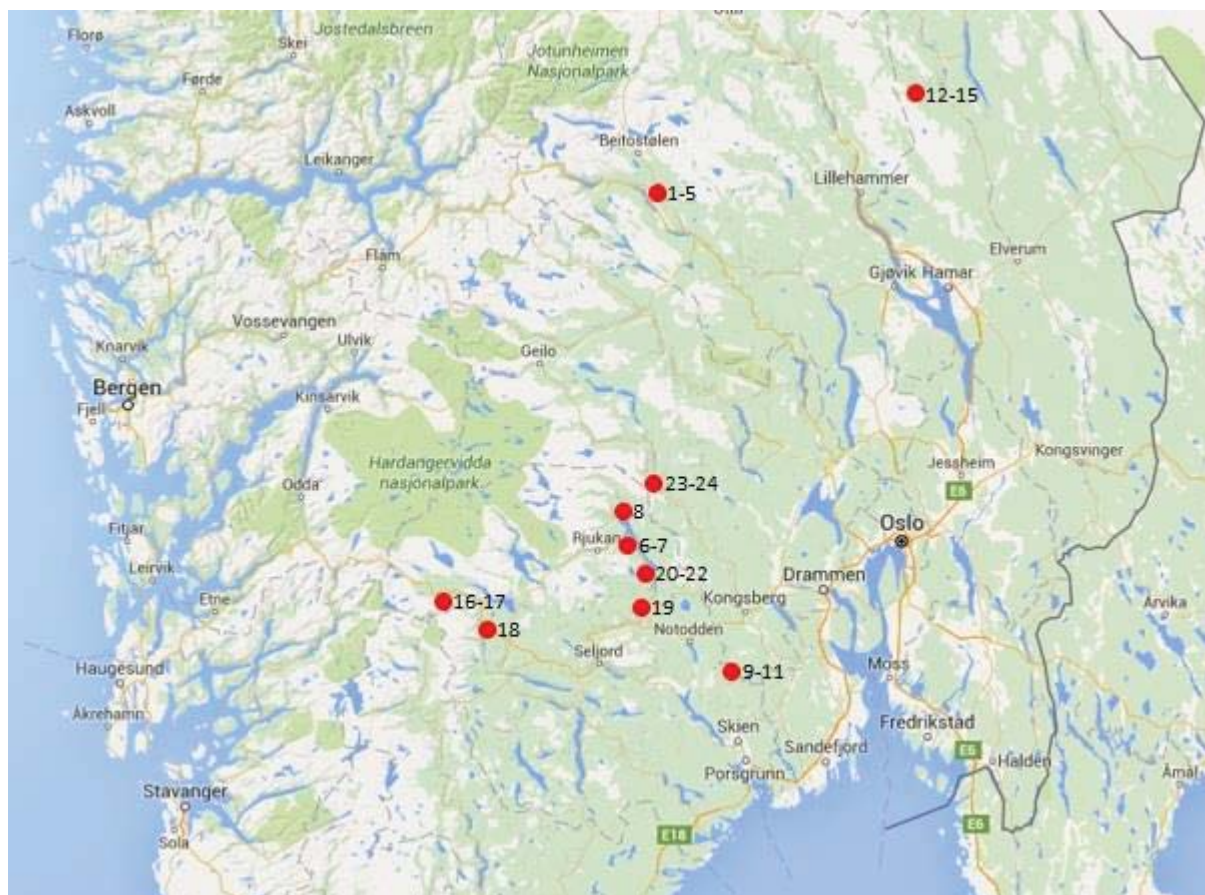
Hensikten med denne studien er å finne ut hvilke råtesopper som er tilstede i høyereliggende granskoger på Østlandet, med spesiell vekt på *Heterobasidion parviporum* og dens spredning.

2 Material og metode

2.1 Feltarbeidet

Feltarbeidet ble utført i tidsrommet august – november 2015.

Feltarbeidet ble utført på 24 prøveflater, fordelt på sju kommuner i fire fylker (Tabell 1, Figur 1). Råteprøver ble innhentet fra hogstfelt som var yngre enn to år. Dette var viktig for å være sikker på at råten var i stubben ved hogsttidspunktet, og at den ikke har kommet inn senere. Jo yngre stubbene er, jo lettere er denne vurderingen. Råtesopp som etablerer seg på stubben etter hogst gjør det først i yteveden hvor det er gunstige fuktighetsforhold. De fleste hogster hadde foregått vinteren 2014-2015 så stubbene hadde vært eksponert for smitte noen få måneder. Felt 12-15 ble hogd sommeren 2014, og noen få felter hadde blitt avvirket vinteren 2013-2014.



Figur 1. Oversikt over feltenes beliggenhet i Sør-Norge med flatenummer.

Tabell 1. Opplysninger om feltene; flatenummer, fylke, kommune, UTM koordinater, høyde over havet (hoh) og alder ved hogst.

Flate nr.	Fylke	Kommune	UTM koordinater	Hoh	Alder
1-5	Oppland	Vestre Slidre	32V 0500042 6775119	Ca. 800	Ca. 150
6	Telemark	Tinn	32V 0486727 6641947	Ca. 810	Ca. 150
7	Telemark	Tinn	32V 0491217 6643020	Ca. 640	Ca. 130
8	Telemark	Tinn	32V 0484333 6656092	Ca. 700	Ca. 130
9	Telemark	Skien	32V 0533072 6592185	Ca. 625	Ca. 130
10	Telemark	Skien	32V 0532573 6592483	Ca. 585	Ca. 150
11	Telemark	Skien	32V 0532450 6592831	Ca. 630	Ca. 170
12-14	Hedmark	Stor-Elvdal	32V 0598324 6813075	Ca. 780	Ca. 155
15	Hedmark	Stor-Elvdal	32V 0599119 6813643	Ca. 790	Ca. 150
16-17	Telemark	Vinje	32V 0417195 6622394	Ca. 580	Ca. 100
18	Telemark	Vinje	32V 0433581 6608423	Ca. 570	Ca. 160
19	Telemark	Notodden	32V 0496814 6615085	Ca. 550	Ca. 120
20	Telemark	Notodden	32V 0495390 6631464	Ca. 800	Ca. 110
21	Telemark	Notodden	32V 0495232 6631478	Ca. 840	Ca. 140
22	Telemark	Notodden	32V 0495127 6632830	Ca. 760	Ca. 150
23	Buskerud	Nore og Uvdal	32V 0501134 6664036	Ca. 680	Ca. 130
24	Buskerud	Nore og Uvdal	32V 0501134 6664036	Ca. 720	Ca. 110

Noen flater ble lagt ut på samme hogstflate (1-5, 12-14, 16-17 og 23-24). De resterende flatene representerte imidlertid en hogstflate. Feltet (flate 1-5) i Vestre Slidre (Ølken skog) var litt spesielt. Dette området ble sådd i 1864 på en setervoll og avvirket vinteren 2014/15. I 1953 ble det startet opp med tynningsforsøk i dette bestandet. Det er anlagt fem forsøksflater hvor alle har forskjellig tynningsintensitet. Flate 1 var sterkt tynnet, flate 2 var middels sterkt tynnet, flate 3 var svakt tynnet, flate 4 var meget sterkt tynnet og flate 5 var urørt. (Tabell 2). Når på året tynningsinngrepene var gjort, eller hva som var gjort senere var det vanskelig å finne ut av.

Tabell 2. Nøkkeltall for flatene 1-5 med forskjellig tynningsregimer.

Nøkkeltall	Tynningsintensitet				
	Meget sterk	Middels sterk	Sterk	Svak	Urørt
Treantall/ha	636	890	729	1022	1555
Overhøyde HO (m)	27,4	29,1	30,5	28,3	26,2
Middelhøyde HL (m)	25,4	26,1	28,2	26,4	24,6
Bonitet H40	14,4	15,6	16,6	14,9	13,6
Middeldiameter DG (cm)	32,5	31,8	34,8	29,1	25,3
Grunnflate (m ² /ha)	52,6	70,9	69,2	67,9	77,9
Volum (m ³ /ha m. bark)	627,5	873,2	920,3	881,0	961,5
Diameter 100 grøvste/ha (cm)	39,4	42,8	43,9	38,1	36,3
Diameter 500 grøvste/ha (cm)	33,0	35,2	37,6	32,0	30,4

Flatene i Vestre Slidre var ferdig inndelt og de var av ulik størrelse. Flate 1 var ca. 1400 m², flate 2 var ca. 1250 m², flate 3 ca. 900 m², flate 4 ca. 800 m² og flate 5 var på ca. 1050 m². De andre flatene var på 900 m², og med to unntak (flate 7 og 24) var alle 30x30 meter. Flate 7 hadde en utforming på 48x18,7m og flate 24 hadde en utforming på 23,5x38,3m. Grunnen til at de flatene hadde en annen utforming var for å få flater hvor de fleste stubbene var intakte. Det måtte derfor unngås å ha en mye brukt kjørevei på flatene. På disse to stedene var hogstfeltene såpass smale at kjøreveiene tok opp mye plass, og flatene ble derfor lagt mellom kjøreveiene. Flatene ble målt opp med målebånd og kompass slik at hjørnene ble 90 grader.

Når flata var avgrenset ble det skåret av en skive fra alle stubbene der for å få et ferskt snitt slik at det ville være lettere å se eventuell råte. På stubber med råte ble det skåret ut en kloss i området hvor råten befant seg. Størrelsen på klossen var omtrent 10-15cm lang, 5-10cm bred og 5 cm høy. Når dette var gjort ble det tatt utgangspunkt i en stubbe som befant seg cirka midt på flata. Dette var stubbe nummer en, og her ble koordinater og høyde over havet målt. Deretter ble alle stubbene og klossene på flata nummerert før klossene ble samlet inn. Etter innsamling ble klossene lagt kaldt (2-5°C) fram til isoleringen skulle begynne. På alle stubbene ble det målt korsvis diameter, stubbehøyde, avstand og vinkel i

forhold til stubbe nummer en. På stubber som inneholdt råte ble også diameter på råten målt korsvis. På alle flatene, unntatt 1-5, ble stubbene med råte fotografert.

2.2 Laboratoriearbeidet

Laboratoriearbeidet ble utført fra september 2015 – april 2016.

2.2.1 Isolering av råtesoppene

Alle råteklossene ble delt, med hammer og kniv, til en størrelse slik at de ble lettere å håndtere ved isoleringen. Råtesoppene ble isolert ved å plassere en treflis fra klossene i sentrum av petriskåler (Heger AS, Rjukan, Norway) som inneholdt maltagar. Maltagaren består av 10 gram Bactomalt™ agar (Beckton, Dickinson, USA), 6,25 gram Bactomalt™ malt extract (Beckton, Dickinson, USA) og 0,5 liter destillert vann. Dette ble blandet i en 1 liters kolbe og deretter autoklavert i 20 minutter ved 121°C (TOMY SS-325, Tomy Seiko Co. Ltd, Tokyo, Japan). Etter autoklaveringen ble den flytende maltagaren helt over i 9 cm petriskåler. Hellingen ble utført i en sterilbenk, og petriskålene ble stående over natta for å stivne.

Fra hver kloss ble det tatt ut tre trefliser. Det ble tatt et nytt snitt i klossen før hver treflis ble hentet ut. Treflisene ble hentet ut fra midten av klossen hvor sannsynligheten for å få med andre sopper og forurensing som kunne befinne seg på treoverflaten var minst. De tre flisene ble lagt i hver sin petriskål med maltagar for å øke sannsynligheten for å få isolert råtesoppen. Isoleringen ble utført i sterilbenk på laboratoriet. Etter ca. en uke ble soppveksten i skålene undersøkt. Fra hver trekloss ble det tatt vare på en skål av hver sopp. Skåler som var forurensset ble rensset ved at hyfespisser eller konidiesporer hos rotkjuka, ble overført til en ny skål med maltagar. Den forurensede skåla ble deretter destruert når det kom oppvekst i den nye skåla. Hvis det ikke kom oppvekst av sopper etter isoleringen, ble det foretatt et nytt isoleringsforsøk. *Armillaria* spp. var vanskelig å dyrke fram i skåler og råten ble derfor hovedsakelig bedømt visuelt ut fra råteklosser og bilder av stubbene.

2.2.2 Somatisk inkompatibilitetstesting

På hvert flate ble all *Heterobasidion parviporum* som var blitt isolert testet mot hverandre for å se om samme individ befant seg på flere stubber. På flatene i Vestre Slidre ble i tillegg noen individer fra forskjellige flate testet mot hverandre, siden det var kort avstand mellom flatene. Dette ble gjort ved å plassere to like store biter av *H. parviporum*, fra vekst i maltagarskåler, fra to forskjellige stubber, i samme skål med maltagar. Bitene ble plassert 1-2 cm fra hverandre, og ble stående å vokse i to-fire uker før de ble undersøkt. Hvis det da var blitt en sone mellom bitene med *H. parviporum* ville det være forskjellig individ (Figur 2), men hadde derimot *H. parviporum* vokst sammen så ville det ha indikert at det var samme individ (Figur 3). Hvis det ble en opphopning av hyfer mellom rotkjukene ville det være to forskjellige arter i samme skåla, dvs. *H. parviporum* og *H. annosum* (Korhonen 1978; Stenlid 1985). Skåler hvor det ikke var lett å konkludere, ble stående en uke lenger.



Figur 2. Eksempel på to forskjellige individ av *H. parviporum*.



Figur 3. Eksempel på to like individ av *H. parviporum*.

2.2.3 Mikroskopering

Mikroskopering ble gjort i tilfeller der det var usikkert om det var en råtesopp eller en annen type sopp som vokste i skålen. Da ble en bit med sopp fra maltagarskålen lagt i en dråpe med 50 % melkesyre på et objektglass, før et dekkglass ble lagt oppå soppbiten. Hvis skilleveggene hadde bøyler var det sikkert at det var en råtesopp, men det kunne også være

en råtesopp hvis soppen hadde enkle skillevegger. Hvis soppene med enkle skillevegger også inneholdt sporer kunne det fastslås at det ikke var en råtesopp, med noen få unntak.

Det ble også i noen tilfeller foretatt mikroskopering for å fastslå om det var *Stereum sanguinolentum* eller en annen sopp som var blitt isolert. Hos denne soppen er de fleste skillevegger enkle, men enkelte skillevegger på kraftige hyfer kan ha store bøyler og det kan gjerne være to eller flere bøyler ved samme skillevegg, såkalte kransbøyler.

2.2.4 Cellofan

Etter at soppene var rendyrket, ble de delt inn i grupper etter morfologisk utseende. Fra hver gruppe ble det valgt ut noen skåler som skulle sekvenseres. En til tre biter fra hver av de utvalgte skålene ble lagt på en ny skål hvor et cellofanfilament var lagt oppå maltagaren. Der ble soppene liggende, 3-14 dager, til den var klar for og skrapes med en steril tannpirker og ble så plassert i en 2 ml Eppendorf tube. Tubene ble så fryst på -18°C til de skulle brukes til DNA ekstraksjonen.

2.2.5 DNA ekstraksjon

DNAet ble ekstrahert i partier, med 24 sopper i hvert parti. Det ble gjennomført i en prosess som gikk over to dager. En modifisert utgave av Protocol #8 Isolation of DNA from Mouse Tails (Easy-DNA Kit; Invitrogen, San Diego, CA) ble brukt for å ekstrahere DNAet. Først ble det tilført omtrent 0,3 gram med Fluka sand (Sjøsand, purum, Fluka; Switzerland) i hver av de 24 rene 2,0 ml tubene som var merket med nummer fra 1-24. En reagensmiks bestående av 320 µl TE Buffer, 20 µl Solution A, 10 µl Solution B og 5 µl Protein Degradar per prøve, ble blandet sammen i en 12.0 ml Falcon tube og deretter ristet på en Vortex-GENIE 2 (Scientific industries, Inc., Bohemia, NY). 100 µl av reagensmiksen ble tilført Eppendorftubene. Deretter ble sopprøvene individuelt overflyttet, ved bruk av en steril skje, til de merkede tubene. Soppmylet ble så knust i flere mindre biter mot sanden manuelt med en steril pestel. For å beholde mest mulig av mycelet i tubene ble hver pestel skylt med 255 µl av reagensmiksen mens de var i tubene. Pestelene ble så satt i en væske som destruerer DNA, ExitusPlus, etter bruk. Tubene ble så ristet (Vortex-GENIE 2) i 30 sekunder. Stativet med de 24 prøvene i ble deretter satt i en inkubasjonsmaskin (HT INFORS, Bottmingen, Switzerland) på 60°C og resting på 200 rpm hvor de stod i 12-20 timer.

Neste dag ble 300 µl Solution A og 120 µl Solution B tilsatt til hver tube som deretter ble ristet godt (Vortex-GENIE 2). Så ble 750 µl kloroform tilsatt hver tube i et avtrekksskap for å rense DNAet i prøvene. Tubene ristes godt (Vortex-GENIE 2) før de sentrifugeres (Eppendorf Centrifuge 5415R: Eppendorf, Hamburg, Deutschland) på 16100 RCF (relative centrifugal force) i 10 minutter på 4°C. Etter sentrifugeringen var det blitt et skille i tubene. Deretter ble ca. 600 µl av væsken i det øverste laget overført til nye 1,5 ml Eppendorf tuber. Det nederste laget og skilleveggen var avfallsstoffer. Deretter ble 1.0 ml med 100% etanol (-18°C) overført til hver tube, før de ble ristet (Vortex-GENIE 2) og inkubert på is i 30 minutter. Tubene ble deretter sentrifugert (16100 RCF) i 10 minutter på 4°C før etanolen ble fjernet med en pipette. Deretter ble 500 µl 80 % etanol (-18°C) tilsatt i hver tube, og de ble snudd 3-5 ganger før de ble satt i sentrifugen (16100 RCF) i 4 minutter, på 4°C. Etanolen ble så fjernet igjen og tubene ble sentrifugert (16100 RCF) i 2 minutter på 4°C. Etter sentrifugeringen ble den gjenværende alkoholen pipettert ut, tubene ble så flyttet over til sterilbenk i 5-15 minutter. Deretter ble 50 µl TE Buffer tilsatt tubene, og prøvene ble så oppbevart på 4°C til de skulle videre i PCR (Polymerase Chain Reaction) – prosessen (Kleppe et al. 1971; Saiki et al. 1988).

2.2.6 PCR

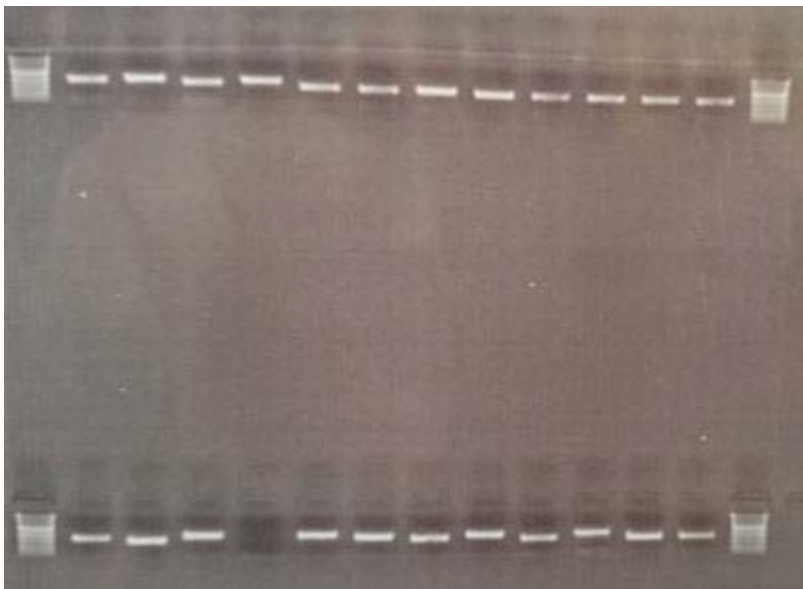
Det ble laget en ny reagensmiks ut fra HotStarTaq 2006 (Qiagen, Hilden, Germany) til PCR-prosessen. Denne besto av 5 µl 10xPCR Buffer, 2 µl 25mM MgCl₂, 1 µl dNTP (10 µM av hver), 5 µl BSA (0,4 %), 5 µl TMACL (0,1 mM), 1 µl forward primer ITS1- F (Gardes & Bruns 1993) (10 µM), 1 µl reverse primer ITS4 (White et al. 1990) (10 µM), 0,4 µl Hot Star Taq + og 28,6 µl Nuclease free water (5 Prime GmbH, Hilden, Germany) per prøve. Reagensmiksen ble deretter blandet ved å riste den rolig med hånda.

Deretter ble 49 µl av reagensmiksen og 1 µl av DNAet tilsatt i hver tube i en PCR strips (200 µl). PCR stripsene ble så satt inn i en GeneAmp PCR System 9700, hvor prøvene gjennomgikk forskjellige sykluser. Det første trinnet var på 95°C i 5 minutter og ble etterfulgt av 35 sykluser av 30 sek. på 95°C, 30 sek. på 53°C og 1 min. på 72°C, og en avsluttende syklus på 72°C i 10 min. før den gikk ned til 4°C og var ferdig.

PCR produktene ble så visualisert for å se hvilke det var verdt å ta med videre i prosessen. Det ble gjort ved å kjøre en gel analyse. Gelen ble laget ved å blande 1,2 gram agarose med

120 ml 1xTAE i en 500 ml kolbe. Kolben ble så satt inn i en mikrobølgeovn på 750W i 2 min. og 45 sek. Deretter ble kolben satt til avkjøling på en varmeplate som samtidig var under bevegelse. Under avkjølingen ble det tilsatt 12 µl etidiumbromid. Når kolben hadde avkjølt seg ned til ca. 60 °C ble vesken helt over i en form som inneholdt to kammer med til sammen 30 brønner. Dette skulle stå i 20-30 minutter for å stivne.

En mengde på 5 µl av PCR produktet og 1,1 µl Loading Dye ble blandet sammen i hver tube i nye PCR strips. Stripsen med de resterende 45 µl ble satt i kjøleskap på 4°C. Når gelen var stivnet ble den lagt i et elektroforesekar (Bio-rad Subcell GT horizontal electrophoresis gel apparatus, BIO-Rad, Laboratoties Inc., Hercules, CA) fylt med 1xTAE og kammene ble deretter fjernet. I brønn 1 og 14 på begge radene i gelen ble det tilsatt 7,5 µl "Laddermix", mens det ble tilsatt 5 µl av blandingen med PCR produkt og Loading Dye i brønnene mellom "Laddermixen". Så ble et lokk plassert på elektroforeseket og prøvene ble kjørt på 80 volt i ca. 30 minutter. Deretter ble gelen lagt i et skap (GENE GENIUS-SYNGENE) hvor DNAet ble visualisert i UV lys (Figur 4). Prøvene med PCR produkt ble kjørt videre i prosessen, mens det ikke ble gjort noe mer med prøver der det ikke var noe synlig PCR produkt.



Figur 3. Visualisering av PCR produktet etter elektroforese.

For å rense PCR produktet ble det brukt en protokoll som het Rapid PCR Cleanup Enzyme Set (New England Biolabs and Boehringer, Mannheim). Det ble tilsatt 2 µl fra hvert enzym, Exonuclease I og Shrimp Alkaline phosphatase, i hver av de rene 1,5 ml tubene sammen med 10 µl av PCR produktet. Etter at de var ristet (Vortex-GENIE 2) ble de inkubert i 5 minutter på

37°C, og deretter i 10 minutter på 80°C. Så ble prøvene satt på is i 3-4 minutter før de ble sentrifugert i ett minutt (16100 RCF) på 24°C. Deretter ble det satt opp 48 tuber (1,5ml) likt fordelt på to rader. I tubene på den øverste raden ble det plassert 5 µl av primeren ITS1-F, og i den nederste raden ble det plassert 5 µl av primeren ITS4. Deretter ble 5 µl fra de rensede PCR produktene plassert i hver sin tube på begge radene. Hver tube ble så ID-merket og lagret på -20°C før de ble sendt til GATC-Biotech i Tyskland for Sanger-sekvensering (Sanger et al. 1977).

2.2.7 Sekvensanalyse

Analyse av DNA sekvensene ble utført i CLC Main Workbench 7.6-Evaluation (CLC Bio®, Denmark), hvor de motsatte ITS-sekvensene ble satt sammen og sammenlignet. For noen prøver var det umulig å sette sammen de to båndene med basepar. Da ble kun den beste brukt videre. Sekvensene ble så sammenlignet med sekvenser i GenBank (DNA database) ved hjelp av søk i programmet Standard Nucleotide BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov>). Da fikk man opp en liste over de arkiverte prøvene i genbanken som var mest lik den sekvensen som ble testet. For at det kunne fastslås at det var denne arten måtte den ha en likhet på 98-100 %. Hvis likheten var fra 94-97 % kunne slekten bestemmes, og hvis likheten var under 94 % ble den registrert som en ukjent sopp.

Hvis det var usikkerhet om noen sekvenser var av samme art eller to ulike arter, ble de sammenlignet i Muscle (<http://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/muscle/>). Hvis baseparene var like i sekvensene eller kun hadde noen få ulikheter, ble de regnet som samme art. Ved flere forskjeller i baseparene ble det regnet som ulike arter.

2.2.8 Kart

Koordinater over prøveflatene ble hentet fra Garmin Astro 320. Kartet som blir i figur 1 er hentet fra Google Maps. Microsoft Word 2016 og Microsoft Paint ble brukt for å redigere kartet.

2.2.9 Tabeller

Utrekninger ble foretatt i Microsoft Excel 2016, og tabeller ble laget i Microsoft Excel 2016 og Microsoft Word 2016.

3 Resultater

3.1 Sekvensering

Totalt ble 251 sopprøver lagt på cellofan og sekvensert. Av disse var det ikke mulig å få et resultat ut av 16 prøver. Av de 235 prøvene som gav et resultat var 156 råtesopper. Prøvene som ble sekvensert var valgt ut fra grupper etter morfologisk utseende, og de resterende råtesoppene i resultatene er bestemt ut fra denne grupperingen eller ved visuell bedømming. I tabell 3 vises den beste likheten hver enkelt art fikk i BLAST.

Det var vanskelig å få isolere *Armillaria*-artene, og de få isolatene som ble sekvensert viste forskjellige arter. Det er derfor ikke skilt mellom de forskjellige artene, og de blir benevnt som *Armillaria* spp.

3.2 Flate 1-5

På flatene i Vestre Slidre ble totalt 452 granstubber undersøkt, og av disse ble det registrert råde på 353 stubber (Tabell 4). Det gir en samlet råtefrekvens på 78,1 %. Råtefrekvensen varierte fra 70,6 % til 86,9 % mellom flatene. Flate 2 som var middels sterkt tynnet hadde den høyeste råtefrekvensen på 86,9 %, mens flate 5 som var urørt hadde den laveste råtefrekvensen på 70,6 %. Andelen stubber med *H. parviporum* varierte fra 16,7 % – 31,5 %, og totalt var 26,5 %, 120 stubber, infisert med *H. parviporum* (Tabell 4). Den høyeste andelen med *H. parviporum*, 31,5 %, ble funnet på flate 5 som er urørt, mens flate 2 som var middels sterkt tynnet hadde den laveste andelen *H. parviporum* på 16,7 %. Den nest vanligste råtesoppen i Vestre Slidre var *Sistotrema brinkmannii* (Figur 7 I) som ble funnet på 12,4 % av stubbene. *Armillaria* spp. ble registrert på 11,1 % av stubbene, *Porodaedalea* sp. ble funnet på 9,1 % av stubbene og *Stereum sanguinolentum* ble funnet på 4,0 % av stubbene. *Climacocystis borealis* ble bare registrert på fire stubber i Vestre Slidre (Tabell 4). Flate 2, som har den høyeste råtefrekvensen, er den eneste flaten hvor *H. parviporum* ikke er den vanligste råtesoppen. Der er *Armillaria* spp. den mest vanlige, men *Porodaedalea* sp. har også infisert en relativt høy andel stubber på den flaten (Tabell 4).

Tabell 3. Liste med representative isolater av råtesopp, author, norsk navn og resultat ved BLAST søk.

Art	Author	Norsk navn	Isolat	Nærmeste match i BLAST	GenBank no.ITS	Likhet (%)
<i>Antrodia serialis</i>	(Fr.) Donk	Rekkekjuke	2016-0121/1	<i>Antrodia serialis</i>	KC491853.1	100
<i>Armillaria borealis</i>	Marxmüller and Korhonen	Skoghonningsopp	2016-283/1	<i>Armillaria borealis</i>	JN657467.1	99
<i>Armillaria cepistipes</i>	Velenovsky	Hagehonningsopp	2016-028/3	<i>Armillaria cepistipes</i>	JN657449.1	99
<i>Cerrena unicolor</i>	(Bull. : Fr.) Murrill	Labyrintkjuke	2016-243/1	<i>Cerrena unicolor</i>	KP135305.1	99
<i>Chondrostereum purpureum</i>	(Pers. : Fr.) Pouzar	Sølvglanssopp	2016-187/2	<i>Chondrostereum purpureum</i>	KF681361.1	99
<i>Climacocystis borealis</i>	(Fr.) Kotl. & Pouz	Vasskjuke	2016-130/2	<i>Climacocystis borealis</i>	JN710527.1	100
<i>Cylindrobasidium evolvens</i>	(Fr. : Fr.) Jülich	Favnvedsopp	2016-370/1	<i>Cylindrobasidium laeve</i>	DQ097354.1	100
<i>Cystostereum murrayi</i>	(Berk. & M.A. Curtis) Pouzar	Duftskinn	2016-064/1	<i>Cystostereum murrayi</i>	JQ358801.1	100
<i>Daedaleopsis confragosa</i>	(Bolton) J. Schröt.	Teglkjuke	2015-1302/2	<i>Daedaleopsis confragosa</i>	KJ668555.1	99
<i>Entomocorticium</i> sp.	H.S. Whitney, Bandoni & Oberw.	-	2016-146/1	<i>Entomocorticium</i> sp.	FR837930.1	99
<i>Fibricium rude</i>	(P. Karst.) Jülich	-	2016-509/2	<i>Fibricium rude</i>	KP814296.1	99
<i>Flammula alnicola</i>	(Fr.) Kummer	Oreskjellsopp	2015-1347/2	<i>Flammula alnicola</i>	KR153192.1	99
<i>Gloiothele</i> spp.	Bres.	-	2016-213/2	<i>Gloiothele</i> sp.	KJ713991.1	99
<i>Heterobasidium parviporum</i>	Niemelä & Korhonen	Granrotkjuke	2015-1019/1	<i>Heterobasidium parviporum</i>	KC492952.1	99
<i>Hyphoderma setigerum</i>	(Fr.) Donk	Ruglekremskinn	2016-514/1	<i>Hyphoderma setigerum</i>	AJ534263.1	99
<i>Hypholoma capnoides</i>	(Fr. : Fr.) P. Kumm.	Svovelsopp	2015-1188/2	<i>Hypholoma capnoides</i>	HQ604748.1	99
<i>Hypochnicium albostramineum</i>	(Bres.) Hallenb.	-	2016-517/1	<i>Hypochnicium albostramineum</i>	KP814374.1	99
<i>Kuehneromyces lignicola</i>	(Peck) Redhead	Vårskjellsopp	2016-335/1	<i>Pholiota lignicola</i>	JF908588.1	99
<i>Metulodontia nivea</i>	(P. Karst.) Parmasto	Rugleskinn	2015-1003/3	<i>Metulodontia nivea</i>	AF506423.1	98
<i>Mycena purpureofusca</i>	(Peck) Sacc.	Fiolettkanthette	2016-074/1	<i>Mycena purpureofusca</i>	HQ604766.1	99
<i>Mycena rubromarginata</i>	(Fr. : Fr.) P. Kumm.	Rødkanthette	2016-218/1	<i>Mycena rubromarginata</i>	EF530939.1	99
<i>Mycena</i> spp.	(Pers.) Roussel	-	2015-1349/2/1	<i>Mycena alnetorum</i>	JF908426.1	96
<i>Onnia leporina</i>	(Fr.) H. Jahn.	Harekjuke	2015-1378/2	<i>Inonotus circinatus</i>	AF237728.1	100
<i>Peniophora cinerea</i>	(Pers. : Fr.) Cooke	Grått torneskinn	2016-177/1	<i>Peniophora piceae</i>	JX507718.1	100

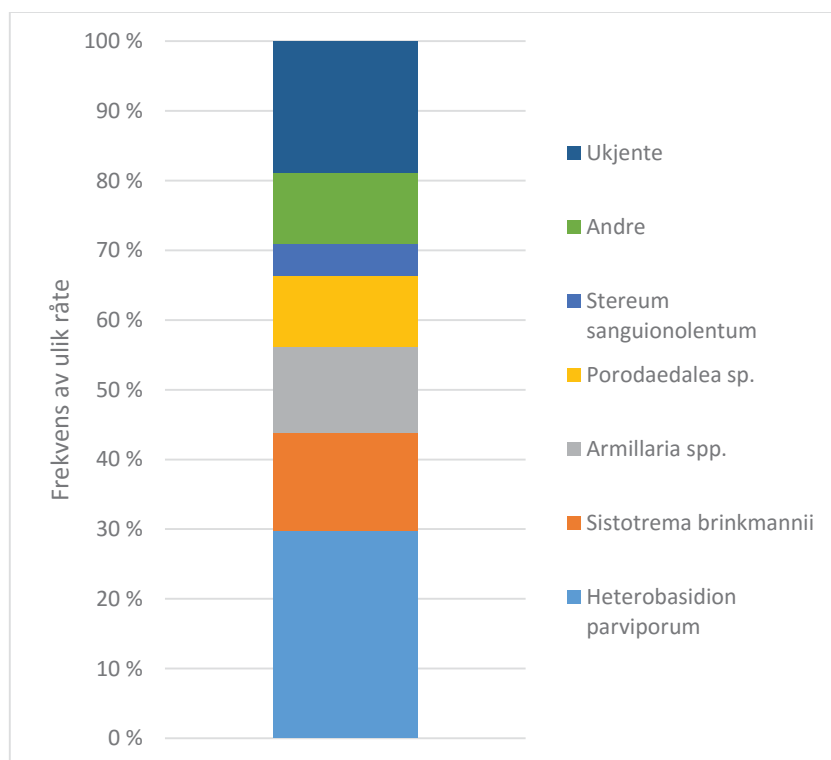
Tabell 3 fortsetter.

<i>Peniophora</i> spp.	Cooke	Torneskinn	2016-144/1	<i>Peniophora incarnata</i>	EU918698.1	96
<i>Phanerochaete laevis</i>	(Fr.) J. Erikss. & Ryvarden	-	2016-341/2	<i>Phanerochaete laevis</i>	KP135161.1	99
<i>Phanerochaete magnoliae</i>	(Berk. & M.A. Curtis) Burds.	-	2015-1031/2	<i>Phanerochaete magnoliae</i>	KP135086.1	99
<i>Phlebia centrifuga</i>	P. Karst.	Rynkeskinn	2016-268/1	<i>Phlebia centrifuga</i>	KP135380.1	99
<i>Phlebia tremellosa</i>	(Schrad.) Nakasone & Burds.	Gelénettsopp	2015-1194/1	<i>Phlebia tremellosa</i>	KF313123.1	99
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	(Fr.) Jülich	Stor barksopp	2015-1268/2	<i>Phlebiopsis gigantea</i>	KP135389.1	100
<i>Pholiota squarrosa</i>	(Oeder) P. Kumm.	Raspskjellsopp	2016-027/1	<i>Pholiota squarrosa</i>	FR686575.1	99
<i>Physisporinus sanguinolentus</i>	(Alb. & Schwein. : Fr.) Pilát	Sårkjuke	2016-090/1	<i>Physisporinus sanguinolentus</i>	FJ496671.1	99
<i>Porodaedalea</i> sp.	Murrill	Granstokkjuke	2015-1259/2	<i>Porodaedalea</i> sp.	JX110044.1	99
<i>Resinicium bicolor</i>	(Alb. & Schwein.) Parmasto	Grynbarksopp	2015-1192/1	<i>Resinicium bicolor</i>	KJ995728.1	100
<i>Sistotrema brinkmannii</i>	(Bres.) J. Erikss.	-	2015-1214/1	<i>Sistotrema brinkmannii</i>	KF218967.1	100
<i>Sistotrema sernanderi</i>	(Litsch.) Donk	-	2015-1297/2	<i>Sistotrema sernanderi</i>	AY805624.1	100
<i>Sistotrema</i> sp.	Fr.	-	2015-1234/2	<i>Sistotrema</i> sp.	JX535041.1	100
<i>Stereum rugosum</i>	(Pers. : Fr.) Pers.	Skorpelærsopp	2016-291/1	<i>Stereum rugosum</i>	AM269811.1	99
<i>Stereum sanguinolentum</i>	(Alb. & Schwein.) Fr.	Toppråtesopp	2015-982/2	<i>Stereum sanguinolentum</i>	KF996533.1	100
<i>Xylodon asperus</i>	(Fr.) Hjortstam & Ryvarden	Glisneknortskinn	2016-044/2	<i>Hyphodontia aspera</i>	DQ873606.1	99

Tabell 4. Antall (n) og frekvens (%) for de viktigste råtesoppene og råte totalt på flatene 1-5.

Flate Nr.	<i>H. parviporum</i>	<i>Armillaria</i> spp.	<i>S. sanguinolentum</i>	<i>Porodaedalea</i> sp.	<i>C. borealis</i>	<i>S. brinkmannii</i>	Råte
	n / %	n / %	n / %	n / %	n / %	n / %	n / %
1	22 / 27,2	8 / 9,9	2 / 2,5	4 / 4,9	2 / 2,5	12 / 14,8	62 / 76,5
2	14 / 16,7	15 / 17,9	4 / 4,8	12 / 14,3	0 / 0,0	10 / 11,9	73 / 86,9
3	23 / 29,1	12 / 15,2	6 / 7,6	10 / 12,7	1 / 1,3	12 / 15,2	67 / 84,8
4	16 / 24,6	5 / 7,7	2 / 3,1	6 / 9,2	0 / 0,0	9 / 13,8	50 / 76,9
5	45 / 31,5	10 / 7,0	4 / 2,8	9 / 6,3	1 / 0,7	13 / 9,1	101 / 70,6
Totalt	120 / 26,5	50 / 11,1	18 / 4,0	41 / 9,1	4 / 0,9	56 / 12,4	353 / 78,1

På flere stubber ble det registrert mer enn en råtesopp, og totalt ble 402 råtesopper registrert på de 353 stubbene som var råteinfiserte i Vestre Slidre. *Heterobasidion parviporum* var den vanligste råtesoppen på flatene i Vestre Slidre med nesten 30 % av den totale råten (Figur 5). *Sistotrema brinkmannii*, *Armillaria* spp. og *Porodaedalea* sp. hadde en råteandel på henholdsvis 13,9 %, 12,4 % og 10,2 %, mens *S. sanguinolentum* kun stod for 4,5 % av den totale råten i Vestre Slidre (Figur 5).



Figur 4. All råte fordelt på råtetypen for flatene 1-5.

Andre råtesopper utgjør 10,2 %, og består av bestemte råtesopper som kun utgjør en svært liten del av den totale råten (Tabell 5). De vanligste av dem, *R. bicolor* (Figur 7 H), *P. squarrosa* (Figur 7 G), *C. borealis* og *C. evolvens*, ble funnet på henholdsvis 7, 5, 4 og 4 stubber (Tabell 5). Ukjente råtesopper er råtesopper som ikke har vært mulig å bestemme hverken ved sekvensering eller ved visuell bedømming. Denne gruppen stod for 18,9 % av den totale råten.

Tabell 5. Antall funn (n) og frekvens (%) for de mindre frekvente råtesoppene på flatene 1-5.

Andre råtesopper	n	%
<i>Resinicium bicolor</i>	7	1,7
<i>Pholiota squarrosa</i>	5	1,2
<i>Climacocystis borealis</i>	4	1,0
<i>Cylindrobasidium evolvens</i>	4	1,0
<i>Sistotrema</i> sp.	4	1,0
<i>Metulodontia nivea</i>	3	0,7
<i>Hypholoma capnoides</i>	2	0,5
<i>Mycena</i> spp.	2	0,5
<i>Onnia leporina</i>	2	0,5
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	2	0,5
<i>Daedaleopsis confragosa</i>	1	0,2
<i>Flammula alnicola</i>	1	0,2
<i>Peniophora</i> sp.	1	0,2
<i>Phanerochaete magnoliae</i>	1	0,2
<i>Phlebia tremellosa</i>	1	0,2
<i>Sistotrema sernanderi</i>	1	0,2
Totalt	41	10,2

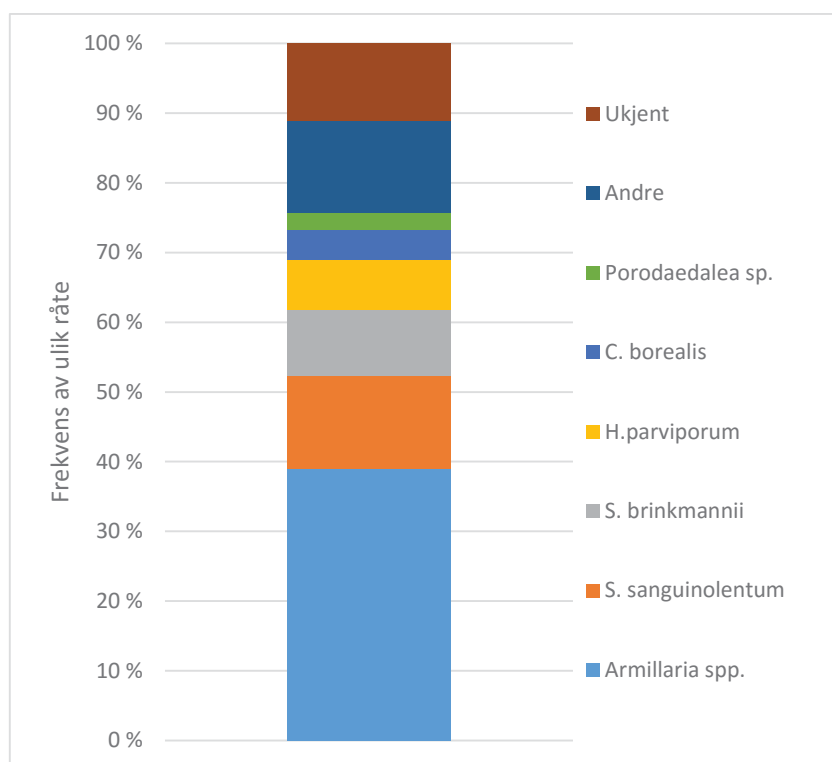
3.3 Flate 6–24

På flatene 6-24 ble totalt 1123 granstubber undersøkt, og råde ble registrert på 368 stubber. Det ga en total råtefrekvens på 32,8 %. Variasjonen var stor mellom feltene, fra 15,2 % til 54,4 % råde (Tabell 6). *Armillaria* spp. var vanligst på disse flatene, og ble registrert på alle flatene. Totalt hadde *Armillaria* spp. angrepet 14,4 % av stubbene, og hadde på det meste (flate 10) infisert 27,5 % av stubbene (Tabell 6). *Heterobasidion parviporum* var ikke så vanlig, og ble registrert på 10 av 19 flater. Den ble påvist på 29 stubber, noe som gir en råtefrekvens for *H. parviporum* på 2,6 % (Tabell 6). *Stereum sanguinolentum* var den råtesoppen som ble registrert nest flest ganger. Den ble funnet på alle flatene med unntak av to, og ble registrert på 5,0 % av stubbene. *Sistotrema brinkmannii*, *Climacocystis borealis* og *Porodaedalea* sp. ble funnet på henholdsvis 3,5 %, 1,6 % og 0,9 % av stubbene (Tabell 6).

Tabell 6. Antall (n) og frekvens (%) for de viktigste råtesoppene og råde totalt på flatene 6-24.

Flate Nr.	<i>H. parviporum</i>	<i>Armillaria</i> spp.	<i>S. sanguinolentum</i>	<i>Porodaedalea</i> sp.	<i>C. borealis</i>	<i>S. brinkmannii</i>	Råde
	n / %	n / %	n / %	n / %	n / %	n / %	n / %
6	0 / 0,0	7 / 8,8	5 / 6,3	1 / 1,3	0 / 0,0	0 / 0,0	15 / 18,8
7	0 / 0,0	8 / 18,2	5 / 11,4	0 / 0,0	2 / 4,5	0 / 0,0	18 / 40,9
8	6 / 8,8	11 / 16,2	0 / 0,0	0 / 0,0	3 / 4,4	7 / 10,3	25 / 36,8
9	0 / 0,0	11 / 17,7	4 / 6,5	0 / 0,0	0 / 0,0	1 / 1,6	16 / 25,8
10	0 / 0,0	14 / 27,5	1 / 2,0	1 / 2,0	0 / 0,0	1 / 2,0	21 / 41,2
11	1 / 1,6	10 / 16,4	0 / 0,0	0 / 0,0	1 / 1,6	3 / 4,9	21 / 34,4
12	1 / 2,8	9 / 25,0	3 / 8,3	0 / 0,0	0 / 0,0	1 / 2,8	13 / 36,1
13	0 / 0,0	9 / 15,8	3 / 5,3	3 / 5,3	5 / 8,8	1 / 1,8	31 / 54,4
14	1 / 2,0	7 / 14,3	3 / 6,1	0 / 0,0	1 / 2,0	3 / 6,1	19 / 38,8
15	0 / 0,0	6 / 14,0	1 / 2,3	1 / 2,3	0 / 0,0	7 / 16,3	22 / 51,2
16	5 / 7,2	8 / 11,6	4 / 5,8	0 / 0,0	0 / 0,0	3 / 4,3	22 / 31,9
17	8 / 11,4	17 / 24,3	5 / 7,1	0 / 0,0	0 / 0,0	2 / 2,9	36 / 51,4
18	3 / 3,6	4 / 4,8	7 / 8,4	2 / 2,4	1 / 1,2	8 / 9,6	23 / 27,7
19	0 / 0,0	7 / 12,3	5 / 8,8	0 / 0,0	0 / 0,0	0 / 0,0	14 / 24,6
20	1 / 1,5	1 / 1,5	4 / 6,1	0 / 0,0	1 / 1,5	1 / 1,5	12 / 18,2
21	0 / 0,0	6 / 15,0	3 / 7,5	1 / 2,5	2 / 5,0	0 / 0,0	15 / 37,5
22	1 / 1,5	6 / 9,1	1 / 1,5	1 / 1,5	0 / 0,0	0 / 0,0	10 / 15,2
23	0 / 0,0	12 / 18,8	1 / 1,6	0 / 0,0	1 / 1,6	1 / 1,6	21 / 32,8
24	2 / 3,5	9 / 15,8	1 / 1,8	0 / 0,0	1 / 1,8	0 / 0,0	14 / 24,6
Totalt	29 / 2,6	162 / 14,4	56 / 5,0	10 / 0,9	18 / 1,6	39 / 3,5	368 / 32,8

På noen stubber ble det registrert flere råter på samme stubben. Det ble registrert totalt 416 råtesopper på de 368 stubbene som inneholdt råte på flatene 6-24. På disse flatene ble det isolert 30 forskjellige råtesopper. *Armillaria* spp. stod for en total andel av råten på 38,9 %, og *S. sanguinolentum* hadde 13,5 % av det totale antallet råtesopper (Figur 6). *Sistotrema brinkmannii*, *H. parviporum*, *C. borealis* og *Porodaedalea* sp. hadde henholdsvis 9,4 %, 7,2 %, 4,3 % og 2,4 % av den totale råten (Figur 6).



Figur 5. All råte fordelt på råtetyper for flatene 6-24.

I gruppen andre råtesopper er det 25 forskjellige råtesopper som til sammen utgjør 13,2 % av den totale råten. *Xylodon asperus* er den råtesoppen som er registrert flest ganger i denne gruppen og stod for 2,2 % av den totale råten (Tabell 7). Deretter fulgte *Peniophora* spp. og *Hypochnicium albostramineum* med henholdsvis 1,2 % og 1,0 %. Ukjente råtesopper som ikke har blitt bestemt utgjør 11,1 % av den totale råten (Tabell 7).

Tabell 7. Antall funn (n) og frekvens (%) for de mindre frekvente råtesoppene på flatene 6-24.

Andre råtesopper	n	%
<i>Xylodon asperus</i>	9	2,2
<i>Peniophora</i> spp.	5	1,2
<i>Hypochnicium albostramineum</i>	4	1,0
<i>Cylindrobasidium evolvens</i>	3	0,7
<i>Cystostereum murrayi</i>	3	0,7
<i>Chondrostereum purpureum</i>	2	0,5
<i>Entomocorticium</i> sp.	2	0,5
<i>Gloiothele</i> spp.	2	0,5
<i>Kuehneromyces lignicola</i>	2	0,5
<i>Mycena rubromarginata</i>	2	0,5
<i>Peniophora cinerea</i>	2	0,5
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	2	0,5
<i>Pholiota squarrosa</i>	2	0,5
<i>Physisporinus sanguinolentus</i>	2	0,5
<i>Resinicium bicolor</i>	2	0,5
<i>Stereum rugosum</i>	2	0,5
<i>Antrodia serialis</i>	1	0,2
<i>Cerrena unicolor</i>	1	0,2
<i>Fibricium rude</i>	1	0,2
<i>Flammula alnicola</i>	1	0,2
<i>Hyphoderma setigerum</i>	1	0,2
<i>Hypholoma capnoides</i>	1	0,2
<i>Mycena purpureofusca</i>	1	0,2
<i>Phanerochaete laevis</i>	1	0,2
<i>Phlebia centrifuga</i>	1	0,2
Totalt	55	13,2



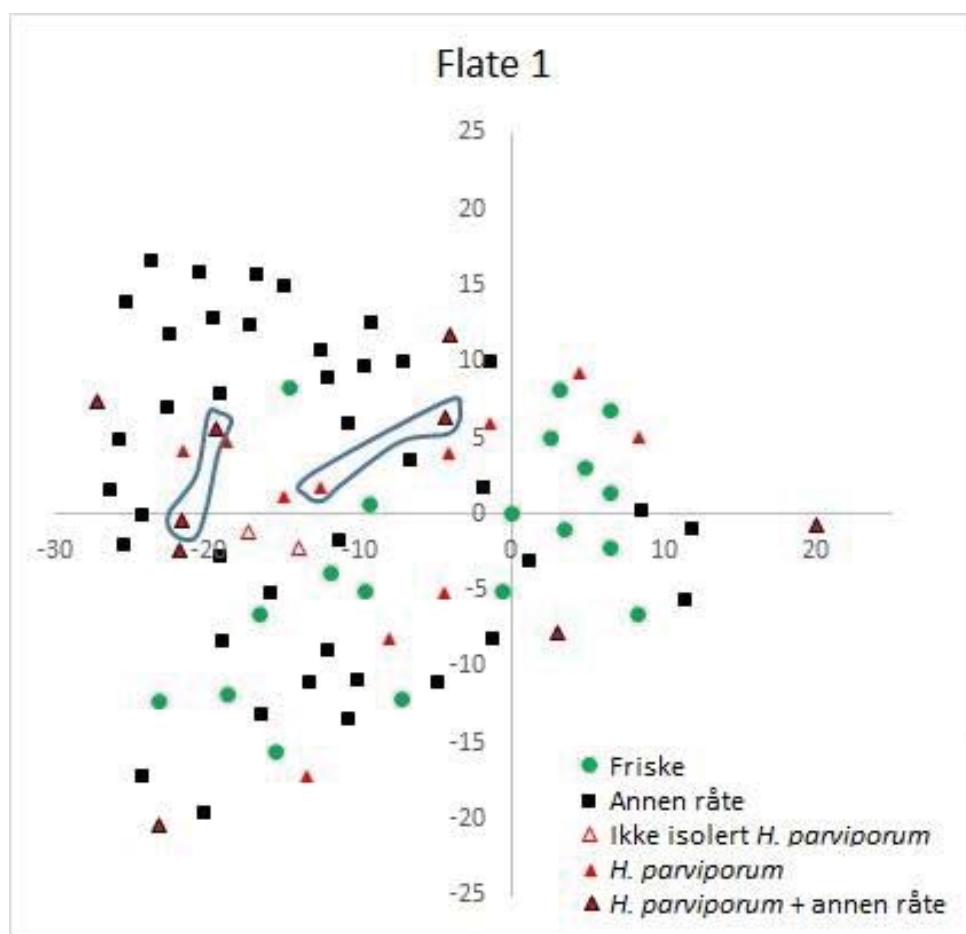
Figur 6. Eksempler på stubber som mindre vanlige råtesopper har blitt isolert fra. A: *Gloiothele* sp. B: *Hyphodontia* sp. C: *Hypochnicium albostramineum* og *Stereum sanguinolentum*. D: *Mycena rubromarginata*. E: *Peniophora piceae* og *Entomocorticium* sp. F: *Phlebia centrifuga*. G: *Pholiota squarrosa*. H: *Resinicium bicolor*. I: *Sistotrema brinkmannii*.

3.4 Somatisk inkompatibilitetstester

Totalt ble det utført drøyt 1500 tester med *Heterobasidion parviporum* fordelt på alle flatene. I tillegg ble det foretatt 73 tester mellom forskjellige flater i Vestre Slidre, men samme individ ble ikke funnet på noen av disse stubbene.

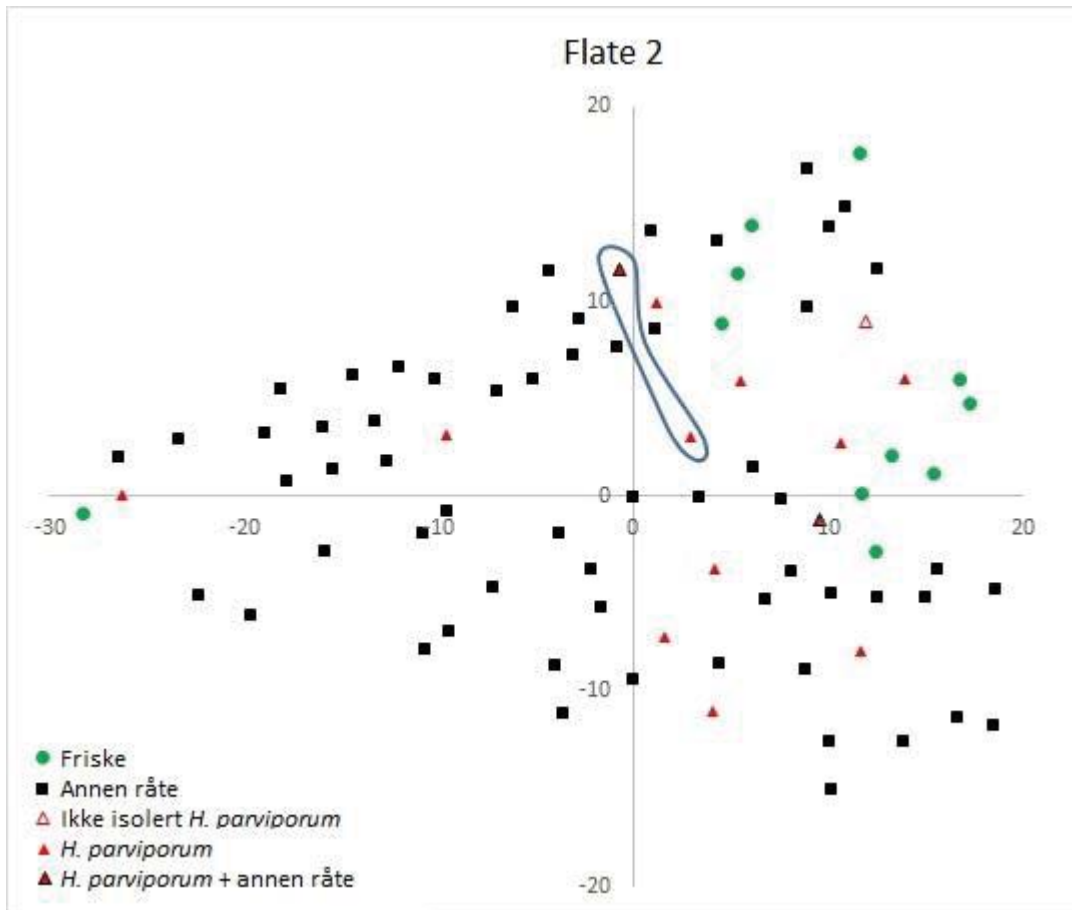
3.4.1 Flate 1-5

På flate 1 ble *H. parviporum* registrert på 22 stubber, og den ble isolert fra 20 av disse. To individ hadde infisert to stubber hver, mens de resterende 16 stubbene var infisert av hvert sitt individ (Figur 8).



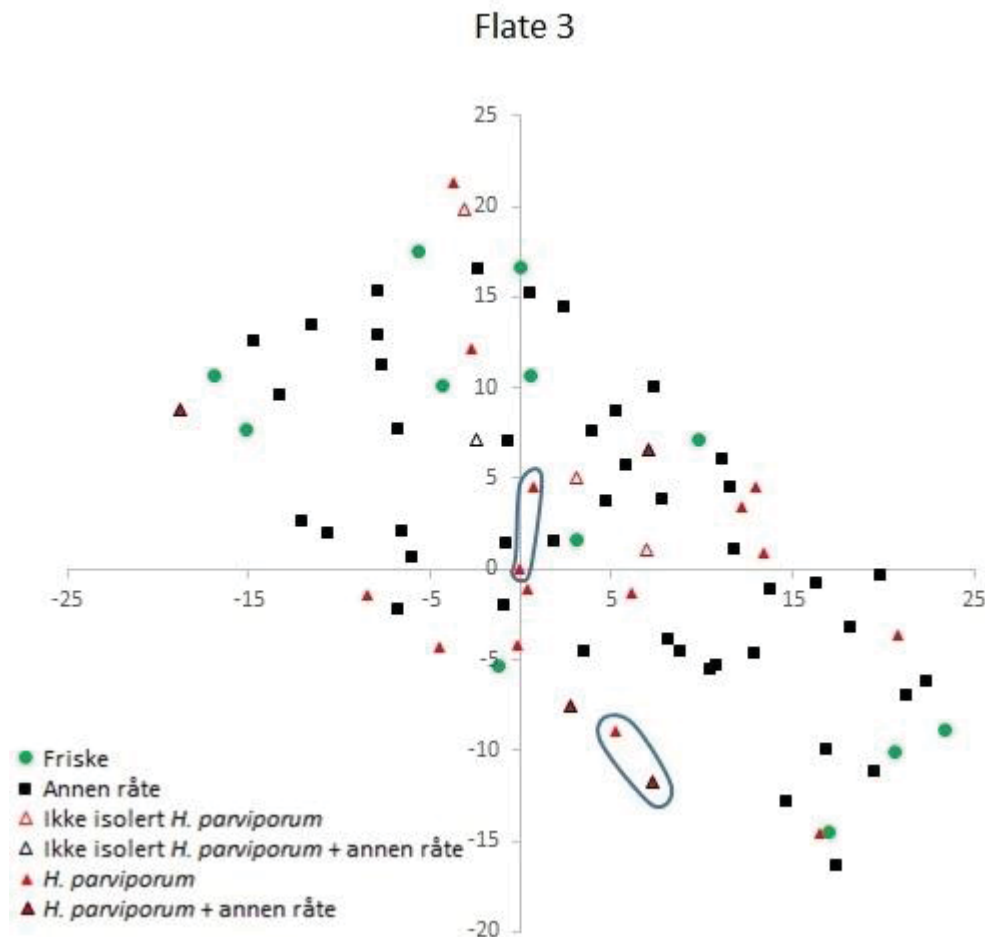
Figur 7. Oversikt over stubbene på flate 2, og om de var friske (grønn sirkel), infisert av annen råte enn *H. parviporum* (svart firkant), infisert av *H. parviporum* som ikke ble isolert (trekant uten fyll med rød kant), infisert av *H. parviporum* (rød trekant) eller infisert av *H. parviporum* og en annen råte (rød trekant med svart kant). Når samme individet av *H. parviporum* finnes på mer enn en stubbe er disse sirklet inn med blått. Tallene langs aksene er avstand i meter fra midtpunktet.

På flate 2 ble *H. parviporum* registrert på 14 stubber, og 13 av disse ble isolert i petriskåler. To stubber var infisert av det samme individet, mens de resterende 11 var infisert av hvert sitt individ (Figur 9).



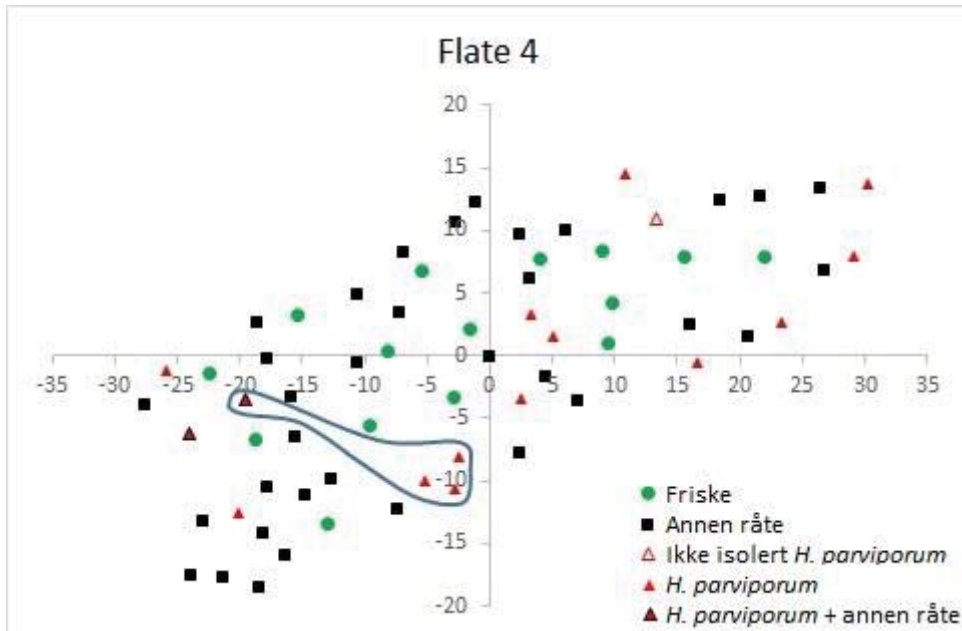
Figur 8. Oversikt over stubbene på flate 2, og om de var friske (grønn sirkel), infisert av annen råte enn *H. parviporum* (svart firkant), infisert av *H. parviporum* som ikke ble isolert (trekant uten fyll med rød kant), infisert av *H. parviporum* (rød trekant) eller infisert av *H. parviporum* og en annen råte (rød trekant med svart kant). Når samme individet av *H. parviporum* finnes på mer enn en stubbe er disse sirklet inn med blått. Tallene langs aksene er avstand i meter fra midtpunktet.

Det ble registrert *H. parviporum* på 23 stubber på flate 3, og 19 av disse lot seg isolere. To individer hadde infisert to stubber hver, mens de resterende 15 stubbene var angrepet av hvert sitt individ (Figur 10).



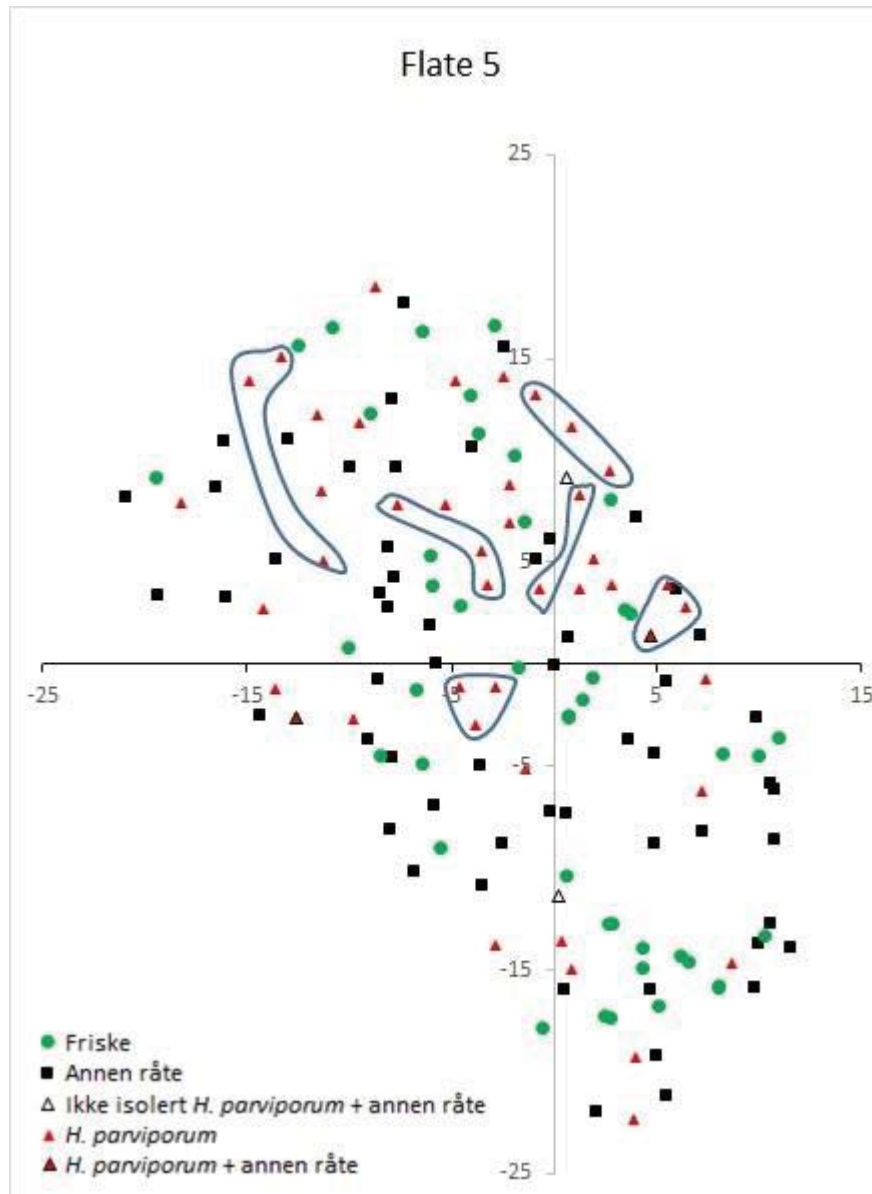
Figur 9. Oversikt over stubbene på flate 3, og om de var friske (grønn sirkel), infisert av annen råte enn *H. parviporum* (svart firkant), infisert av *H. parviporum* som ikke ble isolert (trekant uten fyll med rød kant), infisert av *H. parviporum* som ikke ble isolert og en annen råte (trekant uten fyll og svart kant), infisert av *H. parviporum* (rød trekant) eller infisert av *H. parviporum* og en annen råte (rød trekant med svart kant). Når samme individet av *H. parviporum* finnes på mer enn en stubbe er disse sirklet inn med blått. Tallene langs aksene er avstand i meter fra midtpunktet.

På flate 4 ble *H. parviporum* isolert fra 15 av 16 stubber hvor rotkjuke ble registrert. Fire stubber var angrepet av det samme individet, mens de resterende 11 stubbene var angrepet av hvert sitt individ (Figur 11).



Figur 10. Oversikt over stubbene på flate 4, og om de var friske (grønn sirkel), infisert av annen råte enn *H. parviporum* (svart firkant), infisert av *H. parviporum* som ikke ble isolert (trekant uten fyll med rød kant), infisert av *H. parviporum* (rød trekant) eller infisert av *H. parviporum* og en annen råte (rød trekant med svart kant). Når samme individet av *H. parviporum* finnes på mer enn en stubbe er disse sirklet inn med blått. Tallene langs aksene er avstand i meter fra midtpunktet.

På flate 5 ble 45 stubber infisert av *H. parviporum* registrert, og 43 av disse lot seg isolere. Fem individer omfattet tre stubber hver, og ett individ hadde infisert to stubber (Figur 12). De 26 resterende stubbene det ble isolert *H. parviporum* fra var blitt angrepet av hvert sitt individ.

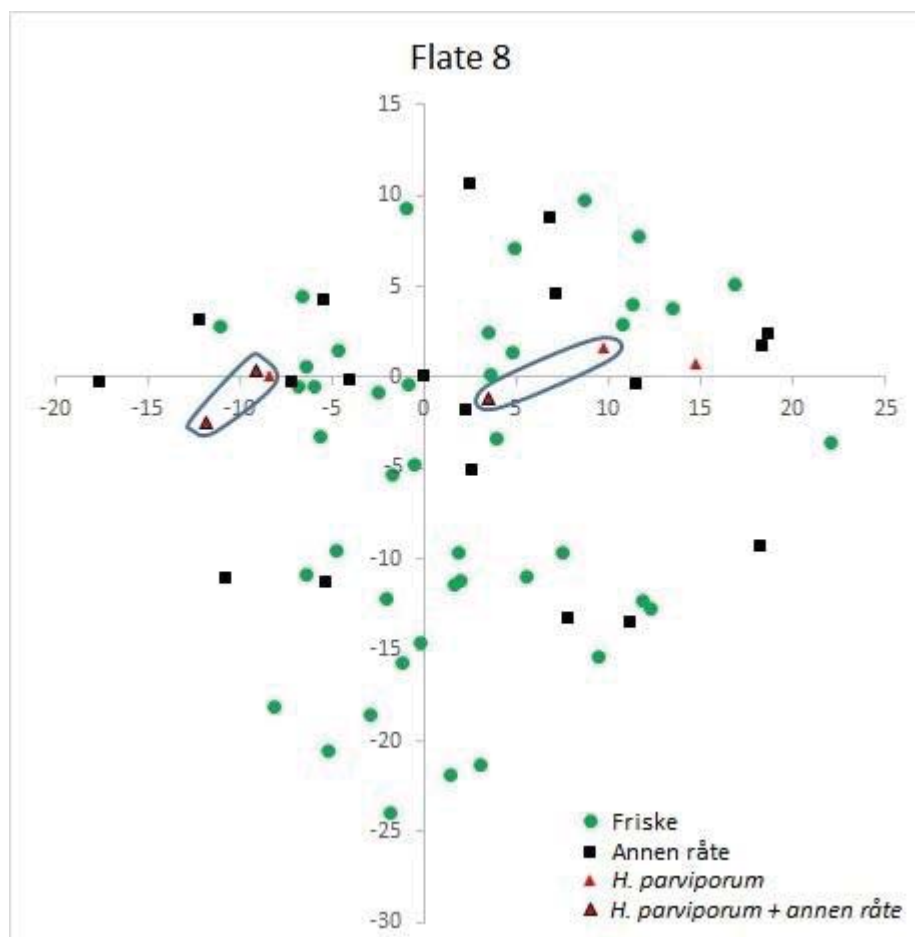


Figur 11. Oversikt over stubbene på flate 5, og om de var friske (grønn sirkel), infisert av annen råte enn *H. parviporum* (svart firkant), infisert av *H. parviporum* som ikke ble isolert pluss annen råte (trekant uten fyll med svart kant), infisert av *H. parviporum* (rød trekant) eller infisert av *H. parviporum* og en annen råte (rød trekant med svart kant). Når samme individet av *H. parviporum* finnes på mer enn en stubbe er disse sirklet inn med blått. Tallene langs aksene er avstand i meter fra midtpunktet.

På de fem flatene i Vestre Slidre ble det isolert *H. parviporum* fra 110 stubber. Av de 110 isolatene var det 91 forskjellige individer. På disse fem flatene hadde hvert individ i snitt angrepet 1,2 stubber, og 87% av *H. parviporum* individene omfattet bare en stubbe.

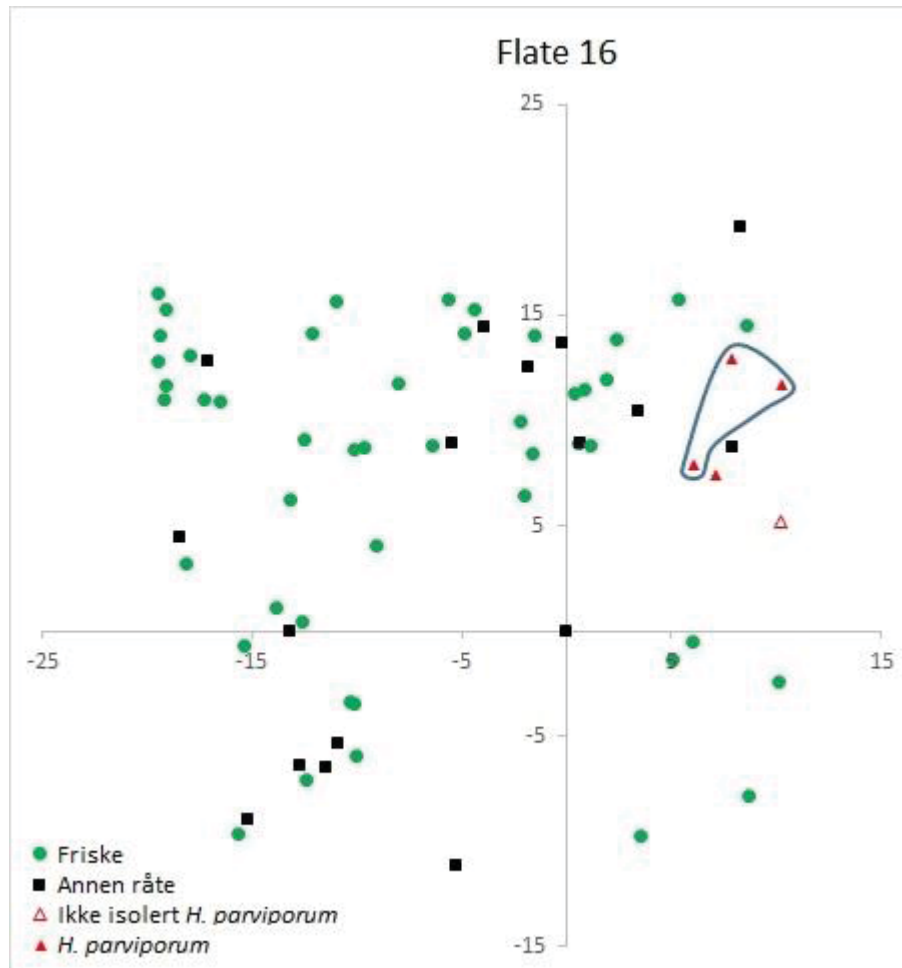
3.4.2 Flate 6-24

På kun tre flater ble det funnet samme individ av *H. parviporum* på flere enn en stubbe, flate 8, 16 og 17. På flate 8 var seks stubber angrepet av *H. parviporum*. Tre av stubbene var infisert av det samme individet, to stubber var angrepet av et annet individ, mens den siste stubben var angrepet av et tredje individ (Figur 13).



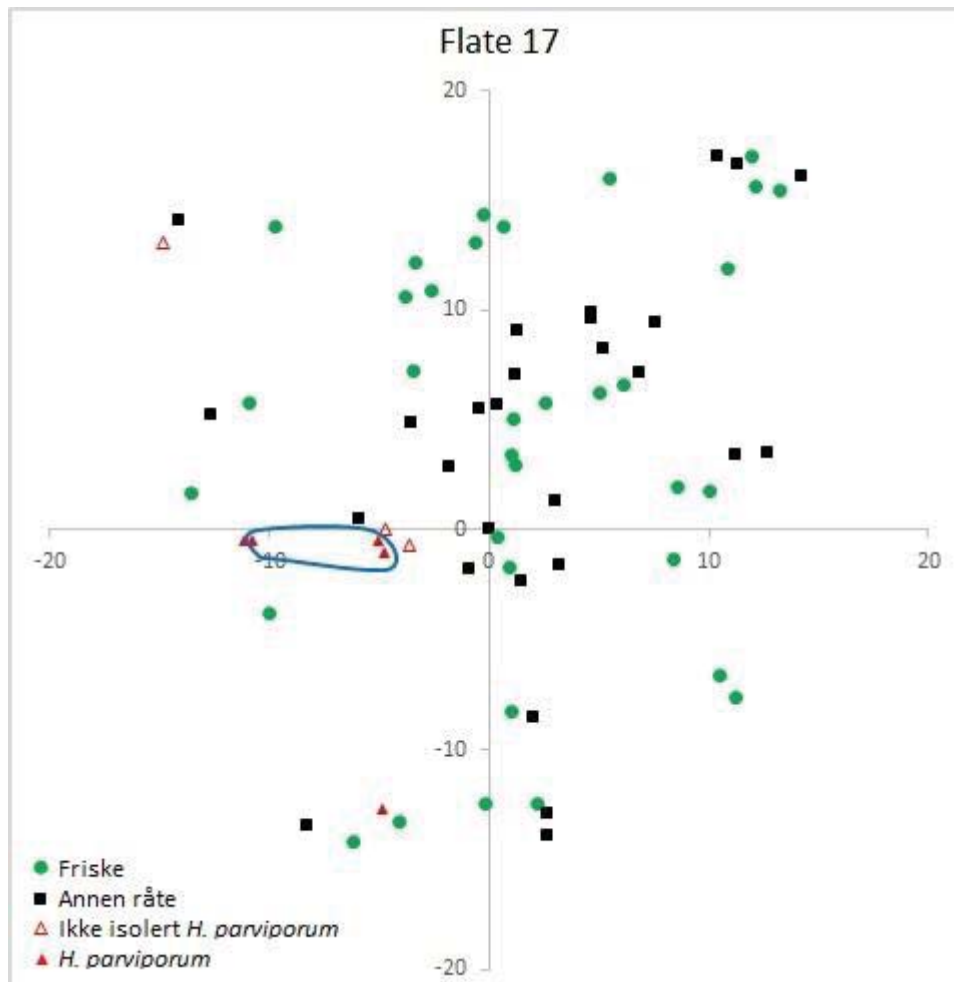
Figur 12. Oversikt over stubbene på flate 8, og om de var friske (grønn sirkel), infisert av annen råte enn *H. parviporum* (svart firkant), infisert av *H. parviporum* (rød trekant) eller infisert av *H. parviporum* og en annen råte (rød trekant med svart kant). Når samme individet av *H. parviporum* finnes på mer enn en stubbe er disse sirklet inn med blått. Tallene langs aksene er avstand i meter fra midtpunktet.

Det ble registrert *H. parviporum* på fem stubber på flate 16, men bare fire var mulig å isolere. Tre av stubbene var infisert av samme individ, mens den siste stubben var infisert av et annet individ (Figur 14).



Figur 13. Oversikt over stubbene på flate 16, og om de var friske (grønn sirkel), infisert av annen råte enn *H. parviporum* (svart firkant), infisert av *H. parviporum* som ikke ble isolert (trekant uten fyll med rød kant) eller infisert av *H. parviporum* (rød trekant). Når samme individet av *H. parviporum* finnes på mer enn en stubbe er disse sirklet inn med blått. Tallene langs aksene er avstand i meter fra midtpunktet.

På flate 17 ble det registrert *H. parviporum* på åtte av stubbene, og fem var blitt isolert. Tre av stubbene var infisert av det samme individet, mens de to andre stubbene var infisert av hvert sitt individ (Figur 15).



Figur 14. Oversikt over stubbene på flate 17, og om de var friske (grønn sirkel), infisert av annen råte enn *H. parviporum* (svart firkant), infisert av *H. parviporum* som ikke ble isolert (trekant uten fyll med rød kant) eller infisert av *H. parviporum* (rød trekant). Når samme individet av *H. parviporum* finnes på mer enn en stubbe er disse sirklet inn med blått. Tallene langs aksene er avstand i meter fra midtpunktet.

På flate 18 ble det registrert *H. parviporum* på tre stubber, og to av disse lot seg isolere. De to stubbene med rotkjuke var infisert av hvert sitt rotkjukeindivid.

Samlet sett på flatene 8, 16, 17 og 18 hadde hvert rotkjukeindivid som var isolert, infisert 1,7 stubber. På disse flatene ble 60 % av *H. parviporum* individene funnet på bare en stubbe.

4 Diskusjon

4.2 Materialets representativitet

Totalt ble 1575 stubber undersøkt på 24 flater i Buskerud, Hedmark, Oppland og Telemark. Flatene ble lagt ut over et stort geografisk område, men med hovedvekt på Telemark hvor over halvparten av flatene befant seg. I tillegg var de to flatene i Buskerud nær grensa til Telemark. I Hedmark befant de fire flatene seg innenfor et lite geografisk område. I Oppland befant alle flatene seg på det samme hogstfeltet. Disse prøveflatene representerer derfor muligens ikke all granskogen over 550 meter over havet på Østlandet, og det burde kanskje blitt undersøkt noen flere flater i spesielt Oppland og Hedmark.

Feltet i Vestre Slidre (Oppland) ble sådd på en tidligere setervoll i 1864. I 1954 ble det lagt ut fem flater i et tynningsforsøk. En vesentlig detalj som er uklar på dette feltet er når på året tynningene er utført og hvilke tiltak som er blitt gjort etter den første tynningen. Det gjør at dette feltet muligens ikke er representativt for å undersøke råteutvikling ved forskjellige tynningsintensiteter.

4.2 Feilkilder og svakheter ved undersøkelsen

Det viste seg å være vanskelig å få isolert råtesopper fra enkelte stubber som tilsynelatende var infisert av råte. Det kan skyldes at råteklossene ble liggende for lenge på kjølen før de ble isolert, på det meste opp til fem måneder. Da kan andre type sopper og bakterier som befant seg på klossen i utgangspunktet, spre seg gjennom hele klossen og utkonkurrere veksten til råtesoppene. Selv om det ble forsøkt å isolere flere ganger fra samme klossen, var det ved noen anledninger ikke mulig å få fram råtesopp i skålene. På de fleste klosser hvor det ikke ble isolert råtesopper var det tydelig at det befant seg minst en råtesopp. Noen ganger var det derimot litt mer utydelig om det var en råtesopp eller bare en misfarging på klossene. Disse ble registrert som en ukjent råtesopp i de tilfellene hvor flekken befant seg i kjerneveden, siden råtesopper ble isolert fra lignende flekker på andre stubber.

Armillaria spp. var spesielt vanskelig å isolere, spesielt når den begynner å danne hullråde. Da vil bakterier og annen sopp oppholde seg i samme område som råtesoppen noe som vanskeliggjør isoleringer av *Armillaria*-arter, som ofte er saktevoksende i kultur (Ausland

1999; Heggertveit 1998; Saursaunet 2005; Solheim 2001). *Armillaria* spp. ble isolert fra seks stubber, mens resten ble vurdert visuelt på stubber, klosser og bilder. Av de seks isoleringene ble tre sekvensert. Resultatet fra sekvenseringene viste størst likhet med *A. borealis*, *A. cepistipes* og *A. cf calvescens* for de tre isolatene. *A. calvescens* er en Nordamerikansk art som ikke er kjent fra Europa. ITS-sekvenser er ikke nok for å skille mellom mange av *Armillaria*-artene (Keča & Solheim 2011; Klopfenstein et al. unpubl.). Siden det viste seg så vanskelig å artsbestemme *Armillaria* artene, ble disse kalt for *Armillaria* spp. Ved noen tilfeller lot heller ikke *H. parviporum*, *S. sanguinolentum*, *Porodaedalea* sp. eller *C. borealis* seg isolere, og ble bestemt visuelt ut fra råten de forårsaker, da råtebildet er nokså karakteristisk.

Det ble ikke tatt noen bilder fra stubbene i Vestre Slidre. Hvis det hadde blitt gjort kunne muligens råten blitt visuelt bestemt på flere stubber, og da spesielt på stubber med *Armillaria* spp.

Det er ikke helt sikkert at *Sistotrema brinkmannii* er like vanlig som denne undersøkelsen tilsier. Siden *S. brinkmannii* er tidlig ute med å starte fruktifisering (Solheim, pers. medd.), kan det tenkes at den kan ha spredd seg over til andre klosser før isolering. Klossene ble som nevnt tidligere i en del tilfeller liggende en stund før de ble isolert. Det gjør at klosser som befant seg i samme pose som klosser som var infisert av *S. brinkmannii*, kan ha blitt infisert selv om de i utgangspunktet ikke var det. En gjennomgang av klossene 7-8 måneder etter innhøsting viste imidlertid at det var lite fruktifisering.

Prøveflatene i denne undersøkelsen ble ikke lagt ut tilfeldig. De ble stort sett lagt ut der hvor det ikke var for store kvisthauger og hjulspor, slik at det var enklere å undersøke stubbene. For at den gjennomsnittlige råtefrekvensen skulle ha blitt helt korrekt måtte prøveflatene muligens blitt lagt ut tilfeldig.

Det at ikke all *H. parviporum* ble isolert gjorde at det ikke var mulig å teste alle stubbene med *H. parviporum* mot hverandre. På figurene (8-15) er imidlertid alle stubber med *H. parviporum* registrert, men de som ikke ble isolert har et annet symbol. En del av stubbene som ikke ble isolert ligger nær andre stubber med *H. parviporum*. Det kan tenkes at noen av disse ville vært infisert av samme individet som nærliggende stubber, og noen individ vil da kunne omfatte flere stubber enn det som har blitt registrert. *Heterobasidion parviporum*

isolatene ble bare testet mot hverandre en gang, men de burde muligens vært testet flere ganger for å sikre kunne bestemme om de var like eller ikke. Alle tvilstilfeller ble gjennomgått sammen med veileder.

Ved 16 tilfeller ble det ikke noe resultat ved sekvenseringen. Grunnen til dette kan være at prøvene ikke er helt rene og for eksempel inneholder to ulike sopper. En annen grunn kan være at soppen som sekvenseres krever andre primere enn de mest brukte, noe som er tilfelle for enkelte ophiostomatoide sopper (Linnakoski 2011; Waalberg 2015).

4.3 Prøveflatene

Materialet i denne oppgaven er todelt, noe som også viser seg med resultatene. Flatene 1-5 i Vestre Slidre lå på en gammel setervoll, mens de andre flatene var i vanlig granskog. Det var også store forskjeller på resultatene, både i råtefrekvens og hvilke arter som er mest vanlige. Flatene i Vestre Slidre var de fem flatene i hele undersøkelsen med høyest råtefrekvens, og den gjennomsnittlige råtefrekvensen der var mye høyere enn det Huse et al. (1994) fant i sin landsomfattende undersøkelse. Flatene 6-24 hadde også en råtefrekvens som var høyere enn det Huse et al. (1994) fant, men den var mye lavere enn det som ble funnet på flatene 1-5. I Vestre Slidre var *H. parviporum* den vanligste råtesoppen, mens den på de andre flatene ble funnet mer sjeldent. På flate 6-24 ble *Armillaria* spp. registrert flest ganger. Det var ikke så stor forskjell i råtefrekvens for *Armillaria* spp. på flate 1-5 og 6-24, men det var stor forskjell når det gjaldt hvor stor andel av den totale råten den utgjorde. Andre arter som det var store forskjeller mellom i de to grupperingene, var *Porodaedalea* sp. og *S. brinkmannii*. *Porodaedalea* sp. og *S. brinkmannii* synes å være viktige arter i Vestre Slidre, mens på de andre flatene ble de registrert mer sjeldent. *Stereum sanguinolentum* utgjorde en større andel av total råte på flate 6-24, enn på flate 1-5.

På feltet (flate 1-5) i Vestre Slidre var det en råtefrekvens på 78,1 %, noe som er ekstremt mye i forhold til det som er funnet i undersøkelsene til Huse et al. (1994), 26,8 %, og til Granhus og Hylen (2016), 26,4 %. Dette feltet er også litt spesielt da det var tynningsforsøk der, og fordi det var en setervoll før det ble sådd i 1864. Det ble ikke funnet noen vesentlige forskjeller hverken i total råtefrekvens eller for frekvensen av *H. parviporum* mellom flatene i Vestre Slidre. Den flata som var urørt hadde riktignok den laveste råtefrekvensen, men det

var her det ble registrert den høyeste frekvensen av *H. parviporum*. En undersøkelse fra Sverige på tidligere dyrket mark viste at ved tynning i perioden november til februar var 2 % av stubbene infisert av *Heterobasidion* spp. 3-12 måneder etter tynningen, mens ved tynning i juni og juli var 34 % av stubbene infisert av *Heterobasidion* spp. 3-12 måneder etter tynningen (Brandtberg et al. 1996). Solheim (2002) fant også at tynning om sommeren hadde signifikant mer råte enn tynning om vinteren. Hvis tynningene på flatene 1-5 har blitt utført på sommeren kan det være med på å forklare den høye råtefrekvensen. Siden dette var en setervoll før det ble sådd gjør det at det opprinnelig ikke var noe råte på dette feltet. Da vil sannsynligvis trærne holde seg fri for råte fram til det blir utført inngrep i skogen. Da vil det bli sår og stubbeflater som soppsporer kan infisere. Når råten først kommer inn i et slikt bestand kan råtefrekvensen bli svært høy (Stenlid 1989). En undersøkelse fra Sverige viste at rotråten vokste raskere i gran som stod på tidligere beiter og jorder enn den gjorde i bestand som stod på tidligere skogsmark (Vollbrecht & Agestam 1995).

På flatene utenom Vestre Slidre var den samlede råtefrekvensen på 32,8 %. Dette er høyere enn i undersøkelsen til Huse et al. (1994), 26,8 %, og den beregnede råtefrekvensen på 26,4 % i hogstklasse 5 i undersøkelsen til Granhus og Hysten (2016). I Finland har det i en undersøkelse blitt registrert 27,6 % råte i granskog (Piri et al. 1990). Det var stor variasjon i råtefrekvensen mellom flatene (6-24). Flate 13, i Stor-Elvdal, hadde den høyeste råtefrekvensen på 54,4 %, og den laveste råtefrekvensen (15,2 %) ble funnet på flate 22, i Notodden.

4.4 Råtesopper

4.4.1 *Heterobasidion parviporum*

Bare ett isolat av *Heterobasidion* ble sekvensert. Men alle isolatene ble testet i kompatibilitetstester basert på Korhonen (1978) og Stenlid (1985), og alle viste seg å være av samme art, *H. parviporum*. Denne arten er også den dominerende arten i granskog på Østlandet, hvor *H. annosum* kun er funnet på to stubber i en granskog, i Ås kommune (Halvor Solheim, pers. medd). I tillegg er *H. annosum* en mer sydlig art og er ikke funnet lengre nord enn Møre og Romsdal i Norge (Heggertveit & Solheim 1998) og er ellers bare funnet i sydlige deler av Fennoskandia (Bendz-Hellgren et al. 1998; Korhonen 2004).

Heterobasidion parviporum var den vanligste råtesoppen på flatene i Vestre Slidre (1-5) hvor den ble registrert på 26,5 % av stubbene. Dette er en høyere andel enn Huse et al. (1994), som fant *Heterobasidion* spp. på 19,0 % av stubbene i sin landsomfattende undersøkelse. På de andre flatene (6-24) var ikke *H. parviporum* like vanlig og ble bare funnet på 2,6 % av stubbene. *Heterobasidion parviporum* ble funnet på 10 av disse prøveflatene. På flatene i Vinje (16-18) ble *H. parviporum* funnet på 13 stubber, noe som er 44,8 % av alle registreringene på flatene 6-24. Med unntak av flatene i Vinje og flate 8, i Tinn, var *H. parviporum* sjelden og forårsaket ikke mye skade. *Heterobasidion* spp. ble isolert på 13,1 % av grantrærne i en finsk undersøkelse (Piri et al. 1990). Det ble ikke funnet *H. annosum* i denne undersøkelsen. Det stemmer overens med undersøkelser i Sverige og Finland hvor kun *H. parviporum* ble funnet i den høyereliggende granskogen (Korhonen et al. 1998).

Selv om *H. parviporum* ble funnet på mer enn hver fjerde stubbe i Vestre Slidre, stod den ikke for mer enn 29,9 % av den totale råten. På flate 6-24 stod *H. parviporum* for 7,2 % av den totale råten. Disse tallene er mye lavere enn det som har blitt funnet tidligere, der *Heterobasidion* spp. har stått for 65-80 % av den totale råten (Huse et al. 1994; Solheim et al. 2012). Det er imidlertid i samsvar med noen undersøkelser foretatt andre steder i Europa der *H. parviporum* gjør mindre skade i den høyereliggende skogen (Korhonen & Stenlid 1998).

På flatene i Vestre Slidre omfattet hvert *H. parviporum* individ i snitt 1,2 stubber, mens det på de resterende flatene ble registrert at hvert individ av *H. parviporum* omfattet 1,7 stubber. Det er lavere enn det som har blitt funnet i noen finske undersøkelser. Piri et al. (1990) fant et snitt på 1,8 stubbe/individ, Piri (1996) hadde et snitt på 2,5 stubbe/individ og Piri og Valkonen (2013) registrerte et snitt på hele 4,4 stubber/individ. I Vestre Slidre og de resterende flatene omfattet henholdsvis 87 % og 60 % av *H. parviporum* individene var kun en stubbe. En grunn til at hvert *H. parviporum* individ omfattet så få stubber i Vestre Slidre kan være fordi bestandet var en setervoll før det ble sådd. Det har derfor ikke vært skogsmark så lenge som de andre flatene, og *H. parviporum* har ikke hatt like god tid til å spre seg til nabotrær. På den andre siden så er tidligere jordbruksarealer svært ømfintlige for spredning av *Heterobasidion* spp. når de først blir etablert i bestandet (Korhonen & Stenlid 1998; Vollbrecht & Agestam 1995).

4.4.2 *Armillaria* spp.

Armillaria spp. ble funnet på 11,1 % av stubbene i Vestre Slidre og 14,4 % av stubbene på de resterende feltene. Dette er tall som omfatter både der *Armillaria* spp. opptrer alene og der den er i kombinasjon med andre råtesopper. Dette er en god del høyere enn det Huse et al. (1994) registrerte i sin landsomfattende undersøkelse med råde fra *Armillaria* spp. på 7,5 % av stubbene. Det er nok en del variasjoner også med hensyn til *Armillaria*-råde. I Inderøy i Trøndelag fant Vestrum (1981) at 14 % av subbene var infisert av *Armillaria* spp.

Isolatet med *A. cepistipes* ble funnet ca. 640 meter over havet (flate 7). Den er tidligere ikke registrert over 400 moh i Norge (Solheim 2006), og dette er dermed det funnet av arten som er høyest over havet. Arten er funnet nord til Dønna i Nordland (Keča & Solheim 2011).

Armillaria borealis er den arten som går lengst mot nord (Keča & Solheim 2011) og trolig også den som går høyest over havet. På flatene i Vestre Slidre lykkes det ikke å isolere *Armillaria* spp. Den ble derfor kun registrert ut fra visuell bedømming av råteklossene.

Sannsynligvis ville andelen *Armillaria* spp. på flatene i Vestre Slidre vært noe høyere hvis det var tatt bilde av stubbene.

4.4.3 *Stereum sanguinolentum*

Stereum sanguinolentum er kjent som den vanligste råtesoppen som infiserer gjennom sår på gran (Roll-Hansen & Roll-Hansen 1981; 1980; Solheim & Selås 1986; Solheim 1989; Vasiliauskas et al. 1996; Vasiliauskas & Stenlid 1998). Det ble registrert 4,0 % og 5,0 % med *S. sanguinolentum* henholdsvis på feltene i Vestre Slidre og de andre feltene. Dette samsvarer godt med resultatet til Enerstvedt (1978) som fant en råtefrekvens hos *S. sanguinolentum* på 4,5 %. Enerstvedt og Venn (1979) fant en andel på 4,6 % av grantrærne som var angrepet av sårråde, og antyder at *S. sanguinolentum* utgjør mesteparten av dette. I den landsomfattende undersøkelsen til Huse et al. (1994) ble det ikke angitt hvor stor andel som var *S. sanguinolentum*, men 3,0 % av stubbene var angrepet av en annen råde enn *Heterobasidion* spp. og *Armillaria* spp. Disse 3,0 % skal da fordeles på alle andre råtesopper som blant annet *C. borealis* og *Porodaedalea* sp. i tillegg til *S. sanguinolentum*. Det kan da antas at andelen *S. sanguinolentum* i den undersøkelsen da vil være under 2 %.

Råteregistreringene i undersøkelsen til Huse et al. (1994) ble utført av skogeierne, og det kan tenkes at vurderingen av råtetyper i noen tilfeller kunne være vanskelig. Det kan derfor være

at andelen *S. sanguinolentum* kan være høyere enn resultatet i den undersøkelsen tilsier. Siden *S. sanguinolentum* infiserer gjennom sår vil sannsynligvis ikke denne råten vises i alle tilfeller ved stubbeavskjær selv om den var i stammen ved hogsttidspunktet. *Stereum sanguinolentum* vokser 22-40 cm i året (Roll-Hansen & Roll-Hansen 1980; Solheim & Selås 1986; Vasiliauskas 1998; Veiberg & Solheim 2000), og det kan derfor ta mange år før den når stubbehøyde ved infeksjon gjennom sår etter for eksempel toppbrekk.

4.4.4 *Porodaedalea* sp.

Porodaedalea er en slekt hvor artene er svært vanskelig å skille fra hverandre (Brazee & Lindner 2013; Fischer 2000; Szewczyk et al. 2014; Tomšovský et al. 2010). De tre nyeste studiene inkluderer også noe nordisk materiale. To isolater fra Uppsala i Sverige og ett isolat fra Finland (Uusimaa) matcher materiale av *P. chrysoloma* lenger sør i Europa. Materiale fra Norge, Rana (Saltfjellet nasjonalpark), Ormtjernkampen og Akershus, sammen med blant annet Muddus nasjonalpark i Nord-Sverige er annerledes og trolig av en ubeskrevet art, *Porodaedalea* sp. Det kreves imidlertid flere studier for å bekrefte dette. De fem isolatene som ble sekvensert i denne studien var fra Vestre Slidre og Stor-Elvdal, og var nesten helt like og av samme art. *Porodaedalea* sp. ble funnet på 9,1 % av stubbene i Vestre Slidre, og på 0,9 % på de resterende flatene. *Porodaedalea* sp. er vanlig råtesopp i granskog, og særlig i de høyereliggende områdene (Jørstad & Juul 1939; Solheim 2006). En grunn til at den opptrer oftere i den høyereliggende skogen kan være fordi skogen der ofte blir eldre enn i lavlandet. Det skyldes at trærne vokser saktere i den høyereliggende skogen, og krever derfor lengre omløpstid enn i lavlandet. I tillegg er også mye av den høyereliggende skogen mer utilgjengelig for hogst, og blir av den grunn eldre enn i lavlandet. Dette synes å passe *Porodaedalea* sp. siden den virker å foretrekke gammel skog (Jørstad & Juul 1939; Solheim 2006). På flatene i Vestre Slidre var *Porodaedalea* sp. godt representert, og sannsynligvis med en høyere råtefrekvens enn landsgjennomsnittet. På de resterende flatene er den derimot ikke så vanlig. Det er derfor ikke lett å konkludere ut i fra denne studien om *Porodaedalea* sp. er mer vanlig i den høyereliggende skogen enn i lavlandet.

4.4.5 *Climacocystis borealis*

Climacocystis borealis var relativt sjelden i denne undersøkelsen og ble funnet på 0,9 % og 1,6 % av stubbene på henholdsvis flate 1-5 og 6-24. *Climacocystis borealis* ble funnet i alle kommunene i denne undersøkelsen, men bare på 13 av 24 prøveflater. Jørstad og Juul (1939) og Solheim (2016) påstår at *C. borealis* er mer vanlig i den høyereliggende skogen enn i lavlandet, og Jørstad og Juul (1939) har funnet soppen i den høyereliggende skogen i blant annet Vinje, Vestre Slidre og Hedmark. I denne undersøkelsen ble *C. borealis* funnet på 1,1 % og 4,9 % av stubbene med råde. Hallaksela (1984) fant *C. borealis* på 1,5 % av granstubbene som inneholdt råde i sør Finland. I Latvia ble *C. borealis* funnet på 0,7 % av granstubbene etter hogst (Arhipova et al. 2011).

4.4.6 *Sistotrema brinkmannii*

Sistotrema brinkmannii er en av de mest vanlige råtesoppene i denne undersøkelsen (Figur 7 I), og den er kjent fra andre undersøkelser for å forårsake råde i trær ved å angripe sår (Roll-Hansen & Roll-Hansen 1980; Solheim, unpubl.; Vasiliauskas 1998; Vasiliauskas & Stenlid 1998). Roll-Hansen og Roll-Hansen (1980) tvilte på at den kan utføre noe særlig skade, fordi den var ganske uvanlig og vokste sakte i gran. Den undersøkelsen ble utført to år etter såring. Vasiliauskas (1998) undersøkte råten i gran 7-25 år etter såring. Han fant ut at *S. brinkmannii* har en gjennomsnittlig vekst på 14 cm i året, og at den kan gjøre stor skade som råde i levende grantrær. I undersøkelsen til Roll-Hansen og Roll-Hansen (1980) ble *S. brinkmannii* funnet i kombinasjon med flere andre råtesopper. I denne undersøkelsen ble den funnet både alene og på samme stubbe som *Heterobasidion parviporum*, *Armillaria* spp., *Stereum sanguinolentum*, *Porodaedalea* sp., *Climacocystis borealis*, *Antrodia serialis* og *Phanerochaete laevis*.

4.4.7 Andre råtesopper

I denne undersøkelsen ble *Antrodia serialis* isolert en gang. Flekken den er isolert fra er ganske liten og finnes fra det som ser ut som starten på kjerneveden og inn mot kjernen. *Sistotrema brinkmannii* ble også isolert fra denne flekken. Siden det er en liten flekk kan det ikke sies med sikkerhet at denne råten var i stubben ved hogsttidspunktet. *Antrodia serialis*

er mest vanlig på bartrær, men kan også gå på løvtrær. Det er en vanlig sopp i Norge og er blant annet funnet ved flere tilfeller av Heggland (2001) og Rolstad (2002). Det er en art som er mest kjent for å gå på døde trær og stubber (Ryvarden & Gilbertson 1993; Vasiliauskas et al. 2002).

Det ble isolert ett individ av *Cerrena unicolor*, i Notodden. I stubben hvor denne råtesoppen er isolert fra er det en liten råteflekk i kjerneveden. Det er derfor ikke helt sikkert at den var i stammen ved hogsttidspunktet. Denne arten er vanlig som nedbryter og såråte på løvtrær og er vanlig i hele landet (Ryvarden & Gilbertson 1993). *Cerrena unicolor* kan i sjeldne tilfeller opptre som en såråte også i gran, og er tidligere isolert av Solheim (upubl.).

Det ble sekvensert to isolater som viste seg å være *Chondrostereum purpureum*, og begge isolatene var helt like. De ble funnet på to forskjellige flater, 16 og 17, på samme feltet i Vinje. Det ene isolatet ble funnet som en liten flekk i kjerneveden på en stubbe hvor det ser ut som om det har vært et sår for mange år siden. Det andre isolatet er funnet på samme stubbe som *Armillaria* spp.. *Chondrostereum purpureum* er en art som helst går på løvtre (Eriksson & Ryvarden 1973), men som noen få ganger er funnet som sårparasitt på gran i Norge (Solheim upubl.). Den er kjent for å infisere frukttrær og gjør at bladene får et sølvglansaktig skjær over seg (Peace 1962), og den kan brukes som stubbebehandling på løvtrær for å forhindre stubbeskudd (Harper et al. 1999; Pitt et al. 1999).

Cylindrobasidium evolvens ble isolert ved fire tilfeller på feltet i Vestre Slidre, hvor den ved en anledning fantes på samme stubben som *Heterobasidion parviporum*. *Cylindrobasidium evolvens* ble også funnet ved ett tilfelle på en liten stubbe i Tinn. Den ble funnet ved to tilfeller på samme flata i Notodden hvor den opptrådte sammen med *S. sanguinolentum* og *Armillaria* spp., på hver sin stubbe. Der hvor den fantes sammen med *S. sanguinolentum* var råteflekken en liten stripe i kjerneveden. *Cylindrobasidium evolvens* er en ganske vanlig såråtesopp på gran, og har blitt registrert som den vanligste såråtesoppen etter *Stereum sanguinolentum* (Roll-Hansen & Roll-Hansen 1980; Solheim & Selås 1986). I Veiberg og Solheim (2000) var *C. evolvens* den vanligste såråtesoppen i sår etter hjortegneg. Dette var sannsynligvis fordi hjortegnagene var utført om vinteren da *C. evolvens* er mest vanlig (Roll-Hansen & Roll-Hansen 1980). Den sprer seg imidlertid sakte, maks 5-7,5 cm i året, og er derfor ikke så viktig som skadegjører (Roll-Hansen & Roll-Hansen 1980; Solheim & Selås 1986). Ved sekvensanalysen ble arter som var mest lik *Cylindrobasidium evolvens*,

Cylindrobasidium leave og *Polyporus gyanus*, registrert som *C. evolvens*. Ved sammenligning i Muscle grupperer de seg i to nokså klare grupper. Det kan tenkes at det er to forskjellige nærstående arter, såkalte kryptiske arter.

Cystostereum murrayi ble funnet både i kjerneveden og yteveden på to forskjellige flater i Skien, og på en flate i Stor – Elvdal. Det er en råtesopp som er vanlig i granskog i taigaområdet i Norden. I Europa opptrer den kun på gran, men den er ikke kjent som noen særskadegjører (Eriksson & Ryvarden 1975). Det kan den imidlertid være ut fra de tre isoleringene som er foretatt i denne undersøkelsen.

Daedaleopsis confragosa ble funnet en gang, i Vestre Slidre. Det er en vanlig råtesopp i Norge som stort sett finnes på løvtrær, men den kan nok i sjeldne tilfeller finnes på bartrær (Ryvarden & Gilbertson 1993).

De to isolatene av *Entomocorticium* sp. ble funnet i Stor – Elvdal på stubber som stod omtrent tre meter fra hverandre. Fra begge disse stubbene ble det også isolert *Peniophora cinerea* (Figur 7 E). Slekten *Entomocorticium* er kjent for å være assosiert med barkebiller, og Waalberg (2015) isolerte den ved ni tilfeller fra *Pityogenes quadridens*.

Fibricium rude ble isolert fra en stubbe i Vinje hvor det også fantes *Armillaria* spp, og hvor det så ut som om det tidligere har vært et sår ved stubbenivå. Den er mest vanlig på bartrær, og i Nord-Europa foretrekker den gran. Det er en vanlig råtesopp i Norge (Eriksson & Ryvarden 1975).

Flammula alnicola ble isolert fra en stubbe. På stubben, i Tinn, som den ble isolert fra var det to middels brune flekker, en i kjerneveden og en som det var usikkert om var i kjerneden eller yteveden. Det ble også isolert *Armillaria cepistipes* fra denne stubben. *Flammula alnicola* er vanlig utbredt i hele Norge og går først og fremst på or, men er i Nord Amerika kjent for å infisere forskjellige bartrær (Denver 1960; Whitney & Myren 1978). Whitney og Myren (1978) fant *F. alnicola* som en middels brun flekk i kjerneveden.

To isolater fra slekten *Gloiothele* ble sekvensert, en fra Skien og en fra Vinje. Disse var nokså forskjellige og ble derfor klassifisert som *Gloiothele* spp. Begge isolatene ble funnet i kjerneveden, og på den ene stubben hadde råten spredd seg godt ut i yteveden (Figur 7 A). Denne slekten, som tidligere ble kalt *Gloeocystidiellum*, har 10 kjente arter i Nord-Europa

(Eriksson & Ryvarden 1975). Soppene i slekten er kjent som vednedbrytere, men ingen er tidligere kjent for å lage råte i levende trær.

Det ble funnet et isolat av *Hyphoderma setigerum*, i Nore og Uvdal. Det ser ut som om den først har infisert i yteveden, og spredd seg inn i kjerneveden derfra. Denne arten finnes over hele Nord Europa, men trives best i fuktige løvskoger. Det er en art som først og fremst angriper løvtrær, men den kan også angripe bartrær (Eriksson & Ryvarden 1975).

Hypholoma capnoides ble funnet ved to tilfeller på feltet i Vestre Slidre, og en gang i Nore og Uvdal hvor den opptrådte sammen med *Armillaria* spp. De tre isolatene er helt like.

Hypholoma capnoides har tidligere blitt isolert i forbindelse med sårskader på gran (Solheim, unpubl.). *Hypholoma capnoides* er en vanlig sopp i Norge finnes i hovedsak på bartrær (Holdenrieder & Greig 1998).

Hypochnicium albostramineum ble isolert ved fire tilfeller, og ble funnet i Tinn, Stor – Elvdal og Notodden. Råten til *H. albostramineum* befant seg i kjerneveden og var svært omfattende i tre av tilfellene. Ved et av de tre tilfellene opptrådte den sammen med *S. sanguinolentum* (Figur 7 C). Ved det fjerde tilfellet var det bare en liten stripe det ble isolert fra. Arten er tidligere funnet av Solheim som innråte i furu (*Pinus sylvestris* L.) i Ottadalen (Solheim, pers. medd.), og er registrert som nedbryter på gran i Finland (Kunttu et al. 2015).

To resultater fra sekvenseringen gav resultatet *Pholiota lignicola*. Navnet som blir brukt på denne arten i dag er *Kuehneromyces lignicola*. Begge isolatene av *K. lignicola* ble gjort fra samme feltet i Tinn, og i begge tilfellene var den i kombinasjon med en annen råte, *H. parviporum* og *C. borealis*. Det er en vanlig sopp i Norge (Artsdatabanken 2016g).

Alle tre isolatene av *Metulodontia nivea* ble funnet på flate 5 i Vestre Slidre. *Metulodontia nivea* er en forholdsvis sjelden art i Norge og opptrer som nedbryter både på løv- og bartrær (Artsdatabanken 2016c; Eriksson & Ryvarden 1976).

I slekten *Mycena* har det blitt sekvensert to arter, *M. purpureofusca* og *M. rubromarginata* i tillegg til to isolater som ble registrert som *Mycena* spp. *Mycena purpureofusca* ble funnet ved en anledning, i Skien, hvor den befant seg i kjerneveden. Den er en nedbryter på bartrær og er ganske vanlig i sørlige deler av Norge, og finnes helt nord til Finnmark (Aronsen 2015a;

Artsdatabanken 2016a). *Mycena rubromarginata* ble isolert to ganger i denne undersøkelsen, begge fra samme flate i Vinje. På den ene stubben har *M. rubromarginata* sannsynligvis kommet inn gjennom et sår og holder på å spre seg inn mot kjernen (Figur 7 D). På den andre stubben ble også *Stereum sanguinolentum* isolert. Der hadde råten til de to soppene spredd seg utover hele stubbeflata. Den er en nedbryter på bar- og løvtrær og er vanlig i hele landet (Aronsen 2015b; Artsdatabanken 2016f). *Mycena rubromarginata* har blitt registrert som såråte i gran ved flere tilfeller (Solheim, upubl.).

To sekvenseringer hadde *Inonotus circinatus* som beste match, begge fra Vestre Slidre. *Inonotus* er enn slekt som nå oftest blir kalt *Onnia*, og denne arten blir kalt for *O. leporina*. Den er mest vanlig i gammel granskog i høyereliggende strøk, hvor den kan opptre som parasitt på svekkede grantrær (Artsdatabanken 2016d; Solheim 2006). *Onnia leporina* opptrer oftest som innrâte i røttene, men kan også spre seg noen meter oppover i stammen (Solheim 2006).

Av sekvensene som gav *Peniophora* som resultat var to av isolatene *P. piceae*. *Peniophora piceae* er ifølge Artsdatabanken (2016b) et synonym for *P. cinerea*. De resterende hadde ikke god nok match til å kunne bestemme arten, og ble derfor gruppert som *Peniophora* spp. I denne undersøkelsen ble den isolert to ganger fra samme flata. På begge stubbene, med ca. tre meters avstand, ble også *Entomocorticium* sp. isolert (Figur 7 E). *Peniophora cinerea* er ganske vanlig på gran i Norge, og har blitt isolert fra sår på gran ved flere tilfeller (Solheim, upubl.).

Phanerochaete laevis ble isolert ved ett tilfelle, i Stor – Elvdal. *Sistotrema brinkmannii* ble også isolert fra den samme stubben. Den er en vanlig art i Norge som opptrer som nedbryter på både bar- og løvtrær (Eriksson et al. 1978).

Phanerochaete magnoliae ble isolert ved et tilfelle, i Vestre Slidre, og den er kjent for å vokse på løvtrær (Eriksson et al. 1978).

Phlebia centrifuga ble isolert en gang, i Notodden, hvor den opptrer med flere flekker i kjerneveden (Figur 7 F). Den er en ganske sjelden art som finnes i gamle granskoger i Norge,

med unntak av på Vestlandet. Den opptrer som en nedbryter på gran, men er også funnet på løvtrær (Artsdatabanken 2016e; Eriksson et al. 1981).

Phlebia tremellosa ble isolert ved ett tilfelle, i Vestre Slidre, og da på samme stubbe som *H. parviporum*. *Phlebia tremellosa* er en ganske vanlig sopp i Norge som er mest vanlig på løvtrær, men som også finnes på bartrær (Eriksson & Ryvarden 1976).

Phlebiopsis gigantea ble isolert ved fire anledninger, to ganger på flate 2 i Vestre Slidre og to ganger på flate 14 i Stor – Elvdal. Ved ett tilfelle på hver av flatene ble *P. gigantea* isolert på samme stubbe som *H. parviporum*. *Phlebiopsis gigantea* er en vanlig sopp i Norge som er vanligst som nedbryter, men kan også infisere sår på gran og forårsake råte i levende trær (Solheim, pers. medd.). Den er funnet som såråte på gran i Norge av Solheim (upubl.).

Phlebiopsis gigantea blir ofte brukt til stubbebehandling ved hogst av gran for å utkonkurrere og dermed forhindre spredning av *Heterobasidion* spp. (Korhonen et al. 1994; Rishbeth 1963; Thor & Stenlid 1998).

Pholiota squarrosa ble isolert fem ganger fra flatene i Vestre Slidre, en gang fra Tinn og en gang fra Nore og Uvdal (Figur 7 G). Den har i denne undersøkelse blitt funnet i kombinasjon med *H. parviporum* ved to tilfeller. *Pholiota squarrosa* er en ganske vanlig sopp i Norge. Den er kjent som en rotråte som kan angripe flere treslag (Alexander 1964; Worrall & Nakasone 2009).

Physisporinus sanguinolentus ble funnet to ganger rett ved siden av hverandre, på flate 11 i Skien, hvor begge befant seg i kjerneveden. Den er en vanlig art i Norge, og opptrer som en nedbryter på både bartrær og løvtrær (Ryvarden & Gilbertson 1994), og kan også trolig angripe sår på trærne (Solheim, pers. medd.).

På flatene i Vestre Slidre ble *Resinicium bicolor* registrert syv ganger, og ved et tilfelle på samme stubbe som *Heterobasidion parviporum*. Den er også funnet ved to tilfeller på samme flata i Vinje, hvor den opptrådte i kjerneveden (Figur 7 H). *Resinicium bicolor* er relativt vanlig i Norge, og den kan angripe både bar- og løvtrær. *Resinicium bicolor* er en rotråte som kan infisere gjennom sår og inn i røttene via bakken (Hallaksela 1984; Holmer & Stenlid 1997; Vasiliauskas 1998; Vasiliauskas & Stenlid 1998). I studien til Hallaksela (1984) fra Sør-Finland stod *R. bicolor* for ca. 3 % av den totale råten på gran. I Norge er

den funnet blant annet som såråte av Solheim (upubl.) og på død ved av Heggland (2001).

Sistotrema sernanderi ble isolert ved et tilfelle i denne undersøkelse, i Vestre Slidre, og det var i kombinasjon med *Porodaedalea* sp. Den er en relativt vanlig art og finnes over hele Norge. Den opptrer først og fremst som en nedbryter på både bar- og løvtrær (Eriksson et al. 1984).

Stereum rugosum ble isolert ved to tilfeller på samme flata (23) i Nore og Uvdal, og begge disse isolatene var like. Ved begge tilfellene ser det ut som om den har vokst gjennom yteveden og inn i kjerneveden. Råteflekkene er avlange, og det er usikkert om disse var i stubben ved hogsttidspunktet. *Stereum rugosum* er svært vanlig i Norge. Det er en art som helst går på løvtrær (Eriksson et al. 1984), men ved noen tilfeller kan muligens *S. rugosum* opptre i bartrær (Solheim, pers. medd.)

Ved sekvensering kom navnet *Hyphodontia aspera* opp som resultat. Det navnet som blir brukt om arten i dag er *Xylodon asperus*. Den ble funnet ved ni tilfeller i kommunene Tinn, Skien, Stor – Elvdal, Vinje og Nore og Uvdal. I tre tilfeller har den blitt isolert fra samme stubbe hvor *Armillaria* spp. også ble registrert. *Xylodon asperus* er en vanlig råtesopp i Norge, som vokser på både bar- og løvtrær (Eriksson & Ryvarden 1976).

5 Konklusjon

Resultatene i denne undersøkelsen viser at råte kan være et stort problem også i den høyereliggende granskogen, da både flatene 1-5 og 6-24 har en høyere råtefrekvens enn det som tidligere er funnet i flere studier. På flate 1-5 hvor det har vært utført tynningsforsøk, var *H. parviporum* den vanligste råtesoppen, mens *Armillaria* spp. var den vanligste på flate 6-24. Arter som var vanlige i tillegg til *H. parviporum* og *Armillaria* spp. var i denne undersøkelsen *Stereum sanguinolentum*, *Sistotrema brinkmannii*, *Porodaedalea* sp. og *Climacocystis borealis*.

Ut ifra denne undersøkelsen kan det se ut som om *H. parviporum* ikke er like vanlig i den høyereliggende granskogen som i den lavereliggende, og at flere andre råtesopper opptre mer hyppig.

De somatiske inkompatibilitetstestene viste at den sekundære spredningen tilsynelatende var liten hos *H. parviporum*, både på flatene 1-5 og 6-24.

6 Referanser

- Alexander, R. R. (1964). Minimizing windfall around clear cuttings in spruce-fir forests. *Forest Science*, 10 (2): 130-142.
- Arhipova, N., Gaitnieks, T., Donis, J., Stenlid, J. & Vasaitis, R. (2011). Butt rot incidence, causal fungi, and related yield loss in *Picea abies* stands of Latvia. *Canadian journal of forest research*, 41 (12): 2337-2345.
- Aronsen, A. (2015a). *Mycena purpureofusca* (Peck) Sacc. A key to the Mycenas of Norway. The Mycenas of Northern Europe. Tilgjengelig fra: <http://www.mycena.no/purpureofusca.htm> (lest 06.05.2016).
- Aronsen, A. (2015b). *Mycena rubromarginata* (Fr.) P. Kumm. A key to the Mycenas of Norway. The Mycenas of Northern Europe. Tilgjengelig fra: <http://www.mycena.no/rubromarginata.htm> (lest 06.05.2016).
- Artsdatabanken. (2016a). *Fiolettkanthette Mycena purpureofusca* (Peck) Sacc. Artsdatabanken. Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Taxon/36662> (lest 06.05.2016).
- Artsdatabanken. (2016b). *Grått torneskinn Peniophora cinerea* (Pers. : Fr.) Cooke. Artsdatabanken. Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Taxon/40338> (lest 06.05.2016).
- Artsdatabanken. (2016c). *Metulodontia nivea* (P. Karst.) Parmasto. Artsdatabanken. Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Rodliste2015/rodliste2015/Norge/57519> (lest 07.05.2016).
- Artsdatabanken. (2016d). *Onnia leporina* (Fr.) H. Jahn. Artsdatabanken. Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Rodliste2015/rodliste2015/Norge/56591> (lest 06.05.2016).
- Artsdatabanken. (2016e). *Rynkeskinn Phlebia centrifuga* P. Karst. Artsdatabanken. Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Taxon/39849> (lest 06.05.2016).
- Artsdatabanken. (2016f). *Rødkanthette Mycena rubromarginata* (Fr. : Fr.) P. Kumm. Artsdatabanken. Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Taxon/36669> (lest 06.05.2016).

- Artsdatabanken. (2016g). *Vårskjellsopp Kuehneromyces lignicola (Peck) Redhead*.
- Artsdatabanken. Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Taxon/38058> (lest 06.05.2016).
- Ausland, S. (1999). *Råte i gran registrert på stubber i kommunene i Arendal, Froland og Ås kommuner*. Hovedoppgave: Norges landbrukshøgskole, Ås. 44 s.
- Bendz-Hellgren, M., Lipponen, K., Solheim, H. & Thomsen, I. M. (1998). The nordic countries. I: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R. & Hüttermann, A. (red.) *Heterobasidion annosum. Biology, Ecology, Impact and Control*: CAB International. s. 333-346.
- Brandtberg, P. O., Johansson, M. & Seeger, P. (1996). Effects of season and urea treatment on infection of stumps of *Picea abies* by *Heterobasidion annosum* in stands on former arable land. *Scandinavian journal of forest research*, 11 (1-4): 261-268.
- Brazee, N. & Lindner, D. (2013). Unravelling the *Phellinus pini* sl complex in North America: a multilocus phylogeny and differentiation analysis of Porodaedalea. *Forest Pathology*, 43 (2): 132-143.
- Denver, W. (1960). Cultural studies of *Flammula alnicola* (Fr.) Kummer and *Flammula conissans* (Fr.) Gillet. *Canadian Journal of Botany*, 38 (6): 909-920.
- Enerstvedt, L. I. (1978). *Råteskader på eldre granskog i Buskerud*. Hovedoppgave: Norges Landbrukshøgskole, Ås. 77 s.
- Enerstvedt, L. I. & Venn, K. (1979). Råte i eldre granskog. En undersøkelse på hogstflater i Øvre Eiker. *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning*, 35 (4): 237-262.
- Eriksson, J. & Ryvarden, L. (1973). *The Corticiaceae of North Europe, Volume 2*. Fungiflora, Oslo. s. 60-282.
- Eriksson, J. & Ryvarden, L. (1975). *The Corticiaceae of North Europe, Volume 3*. Fungiflora, Oslo. s. 287-546.
- Eriksson, J. & Ryvarden, L. (1976). *The Corticiaceae of North Europe, Volume 4*. Fungiflora, Oslo. s. 547-886.
- Eriksson, J., Hjortstam, K. & Ryvarden, L. (1978). *The Corticiaceae of North Europe, Volume 5*. Fungiflora, Oslo. s. 889-1047.
- Eriksson, J., Hjortstam, K. & Ryvarden, L. (1981). *The Corticiaceae of North Europe, Volume 6*. Fungiflora, Oslo. s. 1051-1276.
- Eriksson, J., Hjortstam, K. & Ryvarden, L. (1984). *The Corticiaceae of North Europe, Volume 7*. Fungiflora, Oslo. s. 1282-1449.

- Fischer, M. (2000). *Porodaedalea* (*Phellinus pini* group, Basidiomycetes) in Europe: a new species on *Larix sibirica*, *P. niemelaei*. *Karstenia*, 40: 43-48.
- Gardes, M. & Bruns, T. D. (1993). ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes-application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular ecology*, 2 (2): 113-118.
- Granhus, A., Hysten, G. & Ørnelund Nilsen, J. (2012). Statistikk over skogforhold og skogressurser i Norge, registrert i perioden 2005-2009. *Ressursoversikt fra Skog og landskap*.
- Granhus, A. & Hysten, G. (2016). Prosjektet «Råte i granskog-utbredelse og konsekvenser for valg av omløpstid». Sluttrapport. *NIBIO-rapport*, 2 (40): 1-25.
- Hallaksela, A.-M. (1984). Causal agents of butt-rot in Norway spruce in southern Finland. *Silva Fennica*, 18 (3): 237-243.
- Harper, G., Comeau, P., Hintz, W., Wall, R., Prasad, R. & Becker, E. (1999). *Chondrostereum purpureum* as a biological control agent in forest vegetation management. II. Efficacy on Sitka alder and aspen in western Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 29 (7): 852-858.
- Heggertveit, J. (1998). *Råte i gran registrert på stubber i kommunene Molde, Nesset og Rauma*. Hovedoppgave: Norges landbrukshøgskole, Ås. 35 s.
- Heggertveit, J. & Solheim, H. (1998). *Stubberegistrering av råte i gran etter hogst i kommunene Molde, Nesset og Rauma*: Norsk institutt for skogforskning.
- Heggland, A. (2001). Miljøovervåking av Jønjliljo naturreservat, Notodden i Telemark *Siste sjanse - rapport*, 4: 34s + vedlegg.
- Holdenrieder, O. & Greig, B. (1998). Biological methods of control. I: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R. & Hüttermann, A. (red.) *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*: CAB International, s. 235-258.
- Holmer, L. & Stenlid, J. (1997). *Resinicium bicolor*; a potential biological control agent for *Heterobasidion annosum*. *European journal of forest pathology*, 27 (3): 159-172.
- Huse, K. J. (1983). Frequency of butt rot in stands of *Picea abies* (L.) Karst in Norway. *Rapport fra Norsk Institutt for Skogforskning* 3: 1-39.
- Huse, K. J., Solheim, H. & Venn, K. (1994). Råte i gran registrert på stubber etter hogst vinteren 1992. *Rapport fra Skogforsk* (23): 1-26.

- Jørstad, I. & Juul, J. (1939). Råtesopper i levende nåletrær. . *Norwegian with English summary: Fungi causing decay of living conifers. I.). Meddr norske SkogforsVes*, 6: 299-496.
- Keča, N. & Solheim, H. (2011). Ecology and distribution of *Armillaria* species in Norway. *Forest Pathology*, 41 (2): 120-132.
- Kleppe, K., Ohtsuka, E., Kleppe, R., Molineux, I. & Khorana, H. (1971). Studies on polynucleotides: XCVI. Repair replication of short synthetic DNA's as catalyzed by DNA polymerases. *Journal of molecular biology*, 56 (2): 341-361.
- Korhonen, K. (1978). Intersterility groups of *Heterobasidion annosum*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 94 (6).
- Korhonen, K., Lipponen, K., Bendz, M., Johansson, M., Ryen, I., Venn, K., Seiskari, P. & Niemi, M. (1994). *Control of Heterobasidion annosum by stump treatment with 'Rotstop', a new commercial formulation of Phlebiopsis gigantea*. 8. International Conference on Root and Butt Rots, Uppsala (Sweden), 9-16 Aug 1993: Sveriges Lantbruksuniv. s. 675-685.
- Korhonen, K., Capretti, P., Karjalainen, R. & Stenlid, J. (1998). Distribution of *Heterobasidion annosum* intersterility groups in Europe. I: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R. & Hüttermann, A. (red.) *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*: CAB International. s. 93-104.
- Korhonen, K. & Stenlid, J. (1998). Biology of *Heterobasidion annosum*. I: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R. & Hüttermann, A. (red.) *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*: CAB International. s. 43-70.
- Korhonen, K. (2004). Fungi belonging to the genera *Heterobasidion* and *Armillaria* in Eurasia. *In: Fungal Communities in Forest Ecosystems. Materials of Coordination Investigations, Vol. 2. Ed. by Storozhenko, V. G.; Krutov, V. I. Moscow, Petrozavodsk: Institut Lesovedeniya RAN, Institutlesa Karel'skogo NTs RAN, s. 89–113.*
- Kunttu, P., Kulju, M. & Kotiranta, H. (2015). Contributions to the Finnish aphyllorphoroid funga (Basidiomycota): new and rare species. *Czech Mycology*, 67 (2).
- Linnakoski, R. (2011). *Bark beetle-associated fungi in Fennoscandia with special emphasis on species of Ophiostoma and Grosmannia*, Joensuu: Faculty of Science and Forestry School of Forest Sciences, University of Eastern Finland. 74 s.

- Næsvoid, B. H. (1989). Forekomst av råte i granskog. En undersøkelse under hogst og på hogstflatene i Nord-Trøndelag. *Nord-Trøndelagsforskning.*, NTF-rapport 1989 (1): 1-23 + vedlegg.
- Peace, T. R. (1962). Pathology of Trees and Shrubs. *Oxford University Press, Amen House, London.*
- Piri, T., Korhonen, K. & Sairanen, A. (1990). Occurrence of *Heterobasidion annosum* in pure and mixed spruce stands in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 5 (1-4): 113-125.
- Piri, T. (1996). The spreading of the S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *European journal of forest pathology*, 26 (4): 193-204.
- Piri, T. & Valkonen, S. (2013). Incidence and spread of *Heterobasidion* root rot in uneven-aged Norway spruce stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 43 (9): 872-877.
- Pitt, D., Dumas, M., Wall, R., Thompson, D., Lanteigne, L., Hintz, W., Sampson, G. & Wagner, R. (1999). *Chondrostereum purpureum* as a biological control agent in forest vegetation management. I. Efficacy on speckled alder, red maple, and aspen in eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 29 (7): 841-851.
- Rishbeth, J. (1963). Stump protection against *Fomes annosus*. *Annals of applied Biology*, 52 (1): 63-77.
- Roll-Hansen, F. & Roll-Hansen, H. (1981). Root wound infection of *Picea abies* at three localities in southern Norway. *Meddelelser fra Norsk Institutt for skogforskning*, 36 (4): 1-18.
- Roll-Hansen, F. & Roll-Hansen, H. (1980). Microorganisms which invade *Picea abies* in seasonal stem wounds. *European Journal of Forest Pathology*, 10 (6): 321-339.
- Rolstad, J. (2002). Vedlevende sopp på granstokker i boreal barskog: Har fordelingen av død ved i tid og rom noen betydning for artsrikhet og forekomst. *Aktuelt fra Skogforsk*, 8: 7-14.
- Ryvarden, L. & Gilbertson, R. L. (1993). *European Polypores, Part 1*. Fungiflora, Oslo. s. 1-387.
- Ryvarden, L. & Gilbertson, R. (1994). *European polypores, Part 2*. Fungiflora, Oslo. s. 394-743.
- Saiki, R. K., Gelfand, D. H., Stoffel, S., Scharf, S. J., Higuchi, R., Horn, G. T., Mullis, K. B. & Erlich, H. A. (1988). Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science*, 239 (4839): 487-491.

- Sanger, F., Nicklen, S. & Coulson, A. R. (1977). DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 74 (12): 5463-5467.
- Saursaunet, R. (2005). *Råte i tynna og utynna granbestand på Innherred*. Masteroppgave: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås, Institutt for naturforvaltning. 45 s.
- Solheim, H. & Selås, P. (1986). Misfarging og mikroflora i ved etter såring av gran: I. utbredelser etter 2 år. *Rapport fra Norsk Institutt for Skogforskning*, 7: 1-16.
- Solheim, H. (1989). Misfarging og råte etter såring av gran i tynningsbestand. *Aktuelt fra NISK*, 1: 21-26.
- Solheim, H. & Holen, C. O. (1990). Rotråte - et sunnhetsproblem i norsk granskog. *Norsk skogbruk*, 36 (5): 26-27.
- Solheim, H. (2001). Råte i blåbærgranskog i Glomdal etter sommer- og vintertynninger. *NISK Oppdragsrapport*, 4: 8s.
- Solheim, H. (2002). *Rot and butt rot in Norway spruce stands following thinning done in summer and winter*. Forest health problems in older forest stands, Proceedings of the Nordic/Baltic Forest Pathology Meeting. Denmark. 13-20 s.
- Solheim, H. (2006). White rot fungi in living Norway spruce trees at high elevation in southern Norway with notes on gross characteristics of the rot *Aktuelt fra skogforskningen*, 1: 5-12.
- Solheim, H. (2010). Råtesopper - i levende trær. *Faktahefte fra Skog og Landskap*, 10: 1-26.
- Solheim, H., Fossdal, C. G. & Hietala, A. M. (2012). Rotkjuke—granas verste fiende. *Norsk skogbruk* (4): 74.
- Solheim, H. (2016). *Vasskjuke*. Skogskader: NIBIO. Tilgjengelig fra: <http://skogskader.no/#/skader/784> (lest 05.05.2016).
- SSB. (2016). *Skogavvirkning for salg, 2015*. Statistisk Sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/skogav/aar-forelopige/2016-01-21> (lest 05.05.2016).
- Stenlid, J. (1985). Population structure of *Heterobasidion annosum* as determined by somatic incompatibility, sexual incompatibility, and isoenzyme patterns. *Canadian journal of botany*, 63 (12): 2268-2273.
- Stenlid, J. & Wästerlund, I. (1986). Estimating the frequency of stem rot in *Picea abies* using an increment borer. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1 (1-4): 303-308.
- Stenlid, J. (1989). Rotrötans spridningsvägar. *Skogsfakta, Biologi och skogsskötsel* (61): 4.

- Swedjemark, G. & Stenlid, J. (1993). Population dynamics of the root rot fungus *Heterobasidion annosum* following thinning of *Picea abies*. *Oikos*: 247-254.
- Szewczyk, W., Kwaśna, H., Behnke-Borowczyk, J. & Baranowska-Wasilewska, M. (2014). Phylogenetic relationships among *Porodaedalea pini* from Poland and related *Porodaedalea* species. *Open Life Sciences*, 9 (6): 614-627.
- Thor, M. & Stenlid, J. (1998). *Heterobasidion annosum* infection following mechanized first thinning and stump treatment in *Picea abies*. *COLLOQUES-INRA*: 397-408.
- Thor, M., Ståhl, G. & Stenlid, J. (2005). Modelling root rot incidence in Sweden using tree, site and stand variables. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20 (2): 165-176.
- Tomšovský, M., Sedlák, P. & Jankovský, L. (2010). Species recognition and phylogenetic relationships of European *Porodaedalea* (Basidiomycota, Hymenochaetales). *Mycological progress*, 9 (2): 225-233.
- Vasiliauskas, R., Stenlid, J. & Johansson, M. (1996). Fungi in bark peeling wounds of *Picea abies* in central Sweden. *European Journal of Forest Pathology*, 26 (6): 285-296.
- Vasiliauskas, R. (1998). Five basidiomycetes in living stems of *Picea abies*, associated with 7-25 year-old wounds. *Forestry*, 1: 29-35.
- Vasiliauskas, R. & Stenlid, J. (1998). Fungi inhabiting stems of *Picea abies* in a managed stand in Lithuania. *Forest ecology and management*, 109 (1): 119-126.
- Vasiliauskas, R., Ju[sbrev]ka, E., Vasiliauskas, A. & Stenlid, J. (2002). Community of Aphyllophorales and root rot in stumps of *Picea abies* on clear-felled forest sites in Lithuania. *Scandinavian journal of forest research*, 17 (5): 398-407.
- Veiberg, V. & Solheim, H. (2000). Råte etter hjortegneg på gran i Sunnfjord. *Rapport fra Skogforskningen*, 18: 1-16.
- Venn, K. & Solheim, H. (1994). *Root and butt rot in first generation of Norway spruce affected by spacing and thinning*. 8. International Conference on Root and Butt Rots, Uppsala (Sweden), 9-16 Aug 1993: Sveriges Lantbruksuniv.
- Vestrum, G. (1981). *Forhold av betydning for ulike råtetypers frekvens og utbredelse. En undersøkelse på hogstflater i Inderøy*. Hovedoppgave: Norges landbrukshøgskole, Ås. 46 s.
- Vollbrecht, G. & Agestam, E. (1995). Modelling incidence of root rot in *Picea abies* plantations in southern Sweden. *Scandinavian journal of forest research*, 10 (1-4): 74-81.

- Waalberg, M. E. (2015). *Fungi associated with three common bark beetle species in Norwegian scots pine forest*. Masteroppgave: Norges miljø- og biovitenskaplige universitet, Ås, Institutt for Naturforvaltning. 40 s.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S. & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: a guide to methods and applications*, 18 (1): 315-322.
- Whitney, R. D. & Myren, D. T. (1978). Root-rotting fungi associated with mortality of conifer saplings in northern Ontario. *Canadian Journal of Forest Research*, 8 (1): 17-22.
- Worrall, J. J. & Nakasone, K. K. (2009). Decays of Engelmann spruce and subalpine fir in the Rocky Mountains. *Forest Insect & Disease Leaflet*: 1-12.



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway